

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-083954

(43)Date of publication of application : 26.03.1996

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 07-066002

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRON CORP

(22)Date of filing : 24.03.1995

(72)Inventor : NAITO HIROKI  
KUME MASAHIRO

(30)Priority

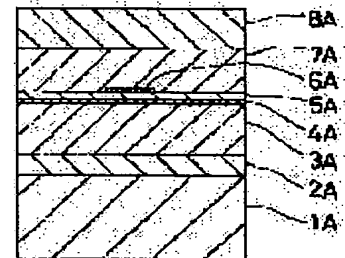
Priority number : 06 68545      Priority date : 06.04.1994      Priority country : JP  
06161998      14.07.1994      JP

## (54) SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND ITS MANUFACTURE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To realize a single-mode semiconductor laser device with a flat surface easily and surely by forming to make the refractive index of an active layer larger than that of a first semiconductive layer and the refractive index of a second semiconductive layer larger than that of a third semiconductive layer.

CONSTITUTION: A buffer layer 2A, a clad layer 3A, and an active layer 4A are built, in this order, one on top of the other on a semiconductor substrate 1A. On the active layer 4A, an optical guide 5A as a first semiconductive layer, an optical guide layer 6A as a second semiconductive layer, and a clad layer 7A as a third semiconductive layer are built and formed in this order. A contact layer 8A is formed on the clad layer 7A. At this time, it is so formed that the refractive index of the active layer 4A is made larger than that of the optical guide layer 5A, and the refractive index of the optical guide layer 6A is made larger than that of the clad layer 7A. This enables a flat single-mode semiconductor laser device to be realized easily and surely.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.09.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3292787

[Date of registration] 29.03.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] a refractive index —  $n_X$  The 1st semi-conductor layer of one conductivity type whose refractive index is  $n_{Y1}$  is formed above a barrier layer. it is — In contact with the 1st semi-conductor layer, the 2nd semi-conductor layer of one conductivity type whose refractive index is  $n_{Y2}$  is formed in the shape of a stripe. said 1st semi-conductor layer top — this — In contact with the 1st semi-conductor layer and the 2nd semi-conductor layer, the 3rd semi-conductor layer of one conductivity type whose refractive index is  $n_{Y3}$  is formed. a said 1st semi-conductor layer and 2nd semi-conductor layer top — this — Said barrier layer, the 1st semi-conductor layer, the 2nd semi-conductor layer, and the 3rd semi-conductor layer The interfacial resistance between the 1st semi-conductor layer and the 3rd semi-conductor layer becomes larger than any of the interfacial resistance between the 1st semi-conductor layer and the 2nd semi-conductor layer, and the interfacial resistance between the 2nd semi-conductor layer and the 3rd semi-conductor layer. Refractive index  $n_X$  of a barrier layer Semiconductor laser equipment characterized by being formed so that it may be larger than the refractive index  $n_{Y1}$  of the 1st semi-conductor layer and the refractive index  $n_{Y2}$  of the 2nd semi-conductor layer may become larger than the refractive index  $n_{Y3}$  of the 3rd semi-conductor layer.

[Claim 2] Semiconductor laser equipment according to claim 1 characterized by forming the oxide film in the surface layer of the field which is in contact with said 3rd semi-conductor layer in said 1st semi-conductor layer.

[Claim 3] The 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of  $Ga1-Y1AlY1As$  is formed in the upper part of a barrier layer which consists of  $Ga1-XAlXAs$ . The 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of  $Ga1-Y2AlY2As$  in contact with the 1st lightguide layer is formed in the shape of a stripe. said 1st lightguide layer top — this — The cladding layer of one conductivity type which consists of  $Ga1-Y3AlY3As$  in contact with the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer is formed. a said 1st lightguide layer and 2nd lightguide layer top — this — Said barrier layer, the 1st lightguide layer, the 2nd lightguide layer, and a cladding layer The interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer becomes larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer. Semiconductor laser equipment characterized by being formed so that the relation of  $Y3 > Y2$  and  $Y1 > X > 0$  may be materialized among  $X$ ,  $Y1$ ,  $Y2$ , and  $Y3$  of each mixed-crystal ratio.

[Claim 4] Said 2nd lightguide layer is semiconductor laser equipment according to claim 3 characterized by the transparent thing to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer.

[Claim 5] Said barrier layer and the 2nd lightguide layer are semiconductor laser equipment according to claim 4 characterized by being formed so that the relation of  $Y2 > X$  may be materialized among  $X$  and  $Y2$  of each mixed-crystal ratio.

[Claim 6] Said barrier layer and the 2nd lightguide layer are semiconductor laser equipment according to claim 4 characterized by being formed so that it may become the thickness to which the relation of  $X > Y2 > 0$  is materialized among  $X$  and  $Y2$  of each mixed-crystal ratio, and the 2nd lightguide layer does the quantum effectiveness so.

[Claim 7] Semiconductor laser equipment according to claim 3 characterized by forming the oxide film in the surface layer of the field which is in contact with said cladding layer in said 1st lightguide layer.

[Claim 8] Said 2nd lightguide layer is semiconductor laser equipment according to claim 7 characterized by the transparent thing to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer.

[Claim 9] Said barrier layer and the 2nd lightguide layer are semiconductor laser equipment according to claim 8 characterized by being formed so that the relation of  $Y2 > X$  may be materialized among  $X$  and  $Y2$  of each mixed-crystal ratio.

[Claim 10] Said barrier layer and the 2nd lightguide layer are semiconductor laser equipment according to claim 8 characterized by being formed so that it may become the thickness to which the relation of  $X > Y2 > 0$  is materialized among  $X$  and  $Y2$  of each mixed-crystal ratio, and the 2nd lightguide layer does the quantum effectiveness so.

[Claim 11] The 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of  $Ga1-Y1AlY1As$  is formed above the barrier layer which has quantum well structure. The 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of  $Ga1-Y2AlY2As$  in contact with the 1st lightguide layer is formed in the shape of a stripe. said 1st lightguide layer top — this — The cladding layer of one conductivity type which consists of  $Ga1-Y3AlY3As$  in contact with the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer is formed. a said 1st lightguide layer and 2nd lightguide layer top — this — Said barrier layer, the 1st lightguide layer, the 2nd lightguide layer, and a cladding layer The interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer becomes larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer. Semiconductor laser equipment characterized by being formed so that the relation of  $Y3 > Y2$  may be materialized among  $Y2$  and  $Y3$  of each

mixed-crystal ratio of the 2nd lightguide layer and a cladding layer.

[Claim 12] Said 2nd lightguide layer is semiconductor laser equipment according to claim 11 characterized by the transparent thing to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer.

[Claim 13] Said 2nd lightguide layer is semiconductor laser equipment according to claim 12 characterized by being formed so that the forbidden-band width of face may become the magnitude which does not absorb the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer.

[Claim 14] said 2nd lightguide layer — this — the semiconductor laser equipment according to claim 12 characterized by being formed so that the 2nd lightguide layer may become the thickness which does the quantum effectiveness so.

[Claim 15] Semiconductor laser equipment according to claim 11 characterized by forming the oxide film in the surface layer of the field which is in contact with said cladding layer in said 1st lightguide layer.

[Claim 16] Said 2nd lightguide layer is semiconductor laser equipment according to claim 15 characterized by the transparent thing to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer.

[Claim 17] Said 2nd lightguide layer is semiconductor laser equipment according to claim 16 characterized by being formed so that the forbidden-band width of face may become the magnitude which does not absorb the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer.

[Claim 18] said 2nd lightguide layer — this — the semiconductor laser equipment according to claim 16 characterized by being formed so that the 2nd lightguide layer may become the thickness which does the quantum effectiveness so.

[Claim 19] The 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of AlGaIn is formed in the upper part of a barrier layer which consists of In<sub>X1</sub>Ga<sub>1-X1</sub>N. The 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of In<sub>X2</sub>Ga<sub>1-X2</sub>N in contact with the 1st lightguide layer is formed in the shape of a stripe. this — a 1st lightguide layer top — this — The cladding layer of one conductivity type which consists of AlGaIn in contact with the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer is formed. a said 1st lightguide layer and 2nd lightguide layer top — this — Said barrier layer, the 1st lightguide layer, the 2nd lightguide layer, and a cladding layer Semiconductor laser equipment characterized by being formed so that the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer may become larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer.

[Claim 20] Said 2nd lightguide layer is semiconductor laser equipment according to claim 19 characterized by the transparent thing to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer.

[Claim 21] Said barrier layer and the 2nd lightguide layer are semiconductor laser equipment according to claim 20 characterized by being formed so that the relation of  $X1 > X2$  may be materialized among  $X1$  and  $X2$  of each mixed-crystal ratio.

[Claim 22] Said barrier layer and the 2nd lightguide layer are semiconductor laser equipment according to claim 20 characterized by being formed so that it may become the thickness to which the relation of  $X2 \geq X1 \geq 0$  is materialized among  $X1$  and  $X2$  of each mixed-crystal ratio, and the 2nd lightguide layer does the quantum effectiveness so.

[Claim 23] Semiconductor laser equipment according to claim 19 characterized by forming the oxide film in the surface layer of the field which is in contact with said cladding layer in said 1st lightguide layer.

[Claim 24] Said 2nd lightguide layer is semiconductor laser equipment according to claim 23 characterized by the transparent thing to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer.

[Claim 25] Said barrier layer and the 2nd lightguide layer are semiconductor laser equipment according to claim 24 characterized by being formed so that the relation of  $X1 > X2$  may be materialized among  $X1$  and  $X2$  of each mixed-crystal ratio.

[Claim 26] Said barrier layer and the 2nd lightguide layer are semiconductor laser equipment according to claim 24 characterized by being formed so that it may become the thickness to which the relation of  $X2 \geq X1 \geq 0$  is materialized among  $X1$  and  $X2$  of each mixed-crystal ratio, and the 2nd lightguide layer does the quantum effectiveness so.

[Claim 27] The 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of Al<sub>Z1</sub>Ga<sub>1-Z1</sub>N is formed in the upper part of a barrier layer which consists of In<sub>X1</sub>Ga<sub>1-X1</sub>N. The 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of Al<sub>Z2</sub>Ga<sub>1-Z2</sub>N in contact with the 1st lightguide layer is formed in the shape of a stripe. said 1st lightguide layer top — this — The cladding layer of one conductivity type which consists of Al<sub>Z3</sub>Ga<sub>1-Z3</sub>N in contact with the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer is formed. a said 1st lightguide layer and 2nd lightguide layer top — this — Said barrier layer, the 1st lightguide layer, the 2nd lightguide layer, and a cladding layer The interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer becomes larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer. Semiconductor laser equipment characterized by being formed so that the relation between  $X1 \geq 0$ ,  $Z1 > Z2$ , and  $Z3 > Z2$  may be materialized among  $X1$ ,  $Z1$ ,  $Z2$ , and  $Z3$  of each mixed-crystal ratio.

[Claim 28] Semiconductor laser equipment according to claim 27 characterized by forming the oxide film in the surface layer of the field which is in contact with said cladding layer in said 1st lightguide layer.

[Claim 29] The 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of AlGaIn is formed above the barrier layer which has quantum well structure. The 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of InGaIn in contact with the 1st lightguide layer is formed in the shape of a stripe. said 1st lightguide layer top — this — The cladding layer of one conductivity type which consists of AlGaIn in contact with the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer is formed. a said 1st lightguide layer and 2nd lightguide layer top — this — Said barrier layer, the 1st lightguide layer, the 2nd lightguide layer, and a cladding layer Semiconductor laser equipment characterized by being formed so that the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer may become larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer.

[Claim 30] Said 2nd lightguide layer is semiconductor laser equipment according to claim 29 characterized by the transparent thing to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer.

[Claim 31] Said 2nd lightguide layer is semiconductor laser equipment according to claim 30 characterized by being formed so that the forbidden-band width of face may become the magnitude which does not absorb the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer.

[Claim 32] said 2nd lightguide layer — this — the semiconductor laser equipment according to claim 30 characterized by being formed so that the 2nd lightguide layer may become the thickness which does the quantum effectiveness so.

[Claim 33] Semiconductor laser equipment according to claim 29 characterized by forming the oxide film in the surface layer of the field which is in contact with said cladding layer in said 1st lightguide layer.

[Claim 34] Said 2nd lightguide layer is semiconductor laser equipment according to claim 33 characterized by the transparent thing to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer.

[Claim 35] Said 2nd lightguide layer is semiconductor laser equipment according to claim 34 characterized by being formed so that the forbidden-band width of face may become the magnitude which does not absorb the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer.

[Claim 36] said 2nd lightguide layer — this — the semiconductor laser equipment according to claim 34 characterized by being formed so that the 2nd lightguide layer may become the thickness which does the quantum effectiveness so.

[Claim 37] The 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{AlZ1Ga1-Z1N}$  is formed above the barrier layer which has quantum well structure. The 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{AlZ2Ga1-Z2N}$  in contact with the 1st lightguide layer is formed in the shape of a stripe. said 1st lightguide layer top — this — The cladding layer of one conductivity type which consists of  $\text{AlZ3Ga1-Z3N}$  in contact with the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer is formed. a said 1st lightguide layer and 2nd lightguide layer top — this — Said barrier layer, the 1st lightguide layer, the 2nd lightguide layer, and a cladding layer The interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer becomes larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer. Semiconductor laser equipment characterized by being formed so that the relation of  $Z3 > Z2$  may be materialized among Z2 and Z3 of each mixed-crystal ratio of the 2nd lightguide layer and said cladding layer.

[Claim 38] Semiconductor laser equipment according to claim 37 characterized by forming the oxide film in the surface layer of the field which is in contact with said cladding layer in said 1st lightguide layer.

[Claim 39] The process which forms the 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{Ga1-Y1AlY1As}$  with an epitaxial grown method in the process which forms a barrier layer on a semi-conductor substrate, and the upper part of this barrier layer, this — with the process which forms the 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{Ga1-Y2AlY2As}$  on the 1st lightguide layer this — with the process which etches the 2nd lightguide layer so that it may become stripe geometry On said 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, with an epitaxial grown method It consists of  $\text{Ga1-Y3AlY3As}$ . Among Y2 and Y3 of each of said mixed-crystal ratio of  $\text{Ga1-Y2AlY2As}$  and  $\text{Ga1-Y3AlY3As}$  Y3> The manufacture approach of the semiconductor laser equipment characterized by having the process which forms the cladding layer of one conductivity type so that the relation of Y2 may be realized.

[Claim 40] The process which forms the 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{Ga1-Y1AlY1As}$  with an epitaxial grown method in the process which forms a barrier layer on a semi-conductor substrate, and the upper part of this barrier layer, this — with the process which forms the 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{Ga1-Y2AlY2As}$  on the 1st lightguide layer this — with the process which etches the 2nd lightguide layer so that it may become stripe geometry The process which oxidizes the surface layer of the field which is not in contact with said 2nd lightguide layer in said 1st lightguide layer. On said 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, with an epitaxial grown method It consists of  $\text{Ga1-Y3AlY3As}$ . Among Y2 and Y3 of each of said mixed-crystal ratio of  $\text{Ga1-Y2AlY2As}$  and  $\text{Ga1-Y3AlY3As}$  Y3> The manufacture approach of the semiconductor laser equipment characterized by having the process which forms the cladding layer of one conductivity type so that the relation of Y2 may be realized.

[Claim 41] The process which forms the 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{AlGaIn}$  with an epitaxial grown method in the process which forms a barrier layer on a semi-conductor substrate, and the upper part of this barrier layer, this — with the process which forms the 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{InGaIn}$  on the 1st lightguide layer this — with the process which etches the 2nd lightguide layer so that it may become stripe geometry The manufacture approach of the semiconductor laser equipment characterized by having the process which forms the cladding layer of one conductivity type which consists of  $\text{AlGaIn}$  with an epitaxial grown method on said 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer.

[Claim 42] The process which forms the 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{AlGaIn}$  with an epitaxial grown method in the process which forms a barrier layer on a semi-conductor substrate, and the upper part of this barrier layer, this — with the process which forms the 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{InGaIn}$  on the 1st lightguide layer this — with the process which etches the 2nd lightguide layer so that it may become stripe geometry The process which oxidizes the surface layer of the field which is not in contact with said 2nd lightguide layer in said 1st lightguide layer. The manufacture approach of the semiconductor laser equipment characterized by having the process which forms the cladding layer of one conductivity type which consists of  $\text{AlGaIn}$  with an epitaxial grown method on said 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer.

[Claim 43] The process which forms the 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{AlZ1Ga1-Z1N}$  with an epitaxial grown method in the process which forms a barrier layer on a semi-conductor substrate, and the upper part of this barrier layer, this — with the process which forms the 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{AlZ2Ga1-Z2N}$  on the 1st lightguide layer this — with the process which etches the 2nd lightguide layer so that it may become stripe geometry On said 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, with an epitaxial grown method The

manufacture approach of the semiconductor laser equipment characterized by having the process which forms the cladding layer of one conductivity type so that it may consist of  $\text{AlZ}_3\text{Ga}_1\text{-Z}_3\text{N}$  and the relation of  $\text{Z}_3 > \text{Z}_2$  may be materialized among  $\text{Z}_2$  and  $\text{Z}_3$  of each of said mixed-crystal ratio ( $\text{AlZ}_2\text{Ga}_1\text{-Z}_2\text{N}$  and  $\text{AlZ}_3\text{Ga}_1\text{-Z}_3\text{N}$ ).

[Claim 44] The process which forms the 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{AlZ}_1\text{Ga}_1\text{-Z}_1\text{N}$  with an epitaxial grown method in the process which forms a barrier layer on a semi-conductor substrate, and the upper part of this barrier layer, this — with the process which forms the 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{AlZ}_2\text{Ga}_1\text{-Z}_2\text{N}$  on the 1st lightguide layer this — with the process which etches the 2nd lightguide layer so that it may become stripe geometry The process which oxidizes the surface layer of the field which is not in contact with said 2nd lightguide layer in said 1st lightguide layer, On said 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, with an epitaxial grown method The manufacture approach of the semiconductor laser equipment characterized by having the process which forms the cladding layer of one conductivity type so that it may consist of  $\text{AlZ}_3\text{Ga}_1\text{-Z}_3\text{N}$  and the relation of  $\text{Z}_3 > \text{Z}_2$  may be materialized among  $\text{Z}_2$  and  $\text{Z}_3$  of each of said mixed-crystal ratio ( $\text{AlZ}_2\text{Ga}_1\text{-Z}_2\text{N}$  and  $\text{AlZ}_3\text{Ga}_1\text{-Z}_3\text{N}$ ).

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the real refraction guided wave mold semiconductor laser equipment of the low operating current suitable as the light sources, such as optical information processing, of the high yield, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] Hereafter, conventional semiconductor laser equipment is explained.

[0003] Since the light source of a single mode is required, the semiconductor laser of refractive-index guided wave structure is used for the light source for information processing of optical communication, an optical disk, etc. The semiconductor laser equipment especially formed in recent years using the good vapor growth of thickness homogeneity as a crystal growth method is in use.

[0004] The semiconductor laser equipment which has the component structure of the conventional refractive-index guided wave mold realizable [ with vapor growth ] hereafter is explained. Drawing 9 - drawing 13 are the cross sections of the semiconductor laser equipment of the typical conventional refractive-index guided wave mold. In addition, in this drawing, the electrode layer formed in the vertical side of a semi-conductor substrate is omitted.

[0005] Drawing 9 is semiconductor laser equipment currently used in the application to optical disks including CD (see JJAP, vol.24, and p.L89(1985)). The cladding layer 12 of n mold which consists of base (GaAlAs) is formed. the semi-conductor substrate 11 top of n mold which consists of a gallium arsenide (GaAs) as shown in drawing 9 — gallium ARUMIHI — The barrier layer 13 which consists of GaAlAs is formed on a cladding layer 12. The 1st cladding layer 14 of p mold which consists of GaAlAs is formed on a barrier layer 13. The current block layer 15 of n mold which becomes parts other than stripe field 15a used as the current channel on the 1st cladding layer 14 from GaAs for a current constriction is formed. On the 1st cladding layer 14 and the current block layer 15, 2nd cladding layer 16A of p mold which consists of GaAlAs with a re-grown method is formed, and the contact layer 17 of p mold which consists of GaAs is formed on 2nd cladding layer 16A.

[0006] In the semiconductor laser equipment of this structure, the current poured in from the contact layer 17 is shut up effectively in stripe field 15a by existence of the current block layer 15, and laser oscillation produces it in the barrier layer 13 of the stripe field 15a bottom. Since the forbidden-band width of face of the current block layer 15 is smaller than the energy of the wavelength of a laser beam and laser beams other than stripe field 15a are absorbed by the current block layer 15 at this time, a laser beam is shut up effectively in stripe field 15a, and the laser oscillation of a single mode is obtained.

[0007] In the semiconductor laser equipment shown in drawing 10, the cladding layer 12 of n mold which consists of GaAlAs is formed on the semi-conductor substrate 11 of n mold. The barrier layer 13 which consists of GaAlAs is formed on a cladding layer 12. Stripe-like cladding layer 16B is formed on a barrier layer 13, and the current block layer 15 is formed in fields other than the stripe field on cladding layer 16B. The cap layer 18 of p mold which consists of GaAs is formed on the stripe field on cladding layer 16B, and the contact layer 17 of p mold which consists of GaAs is formed on the current block layer 15 and the cap layer 18.

[0008] The fundamental principle of operation of the semiconductor laser equipment shown in drawing 10 is the same as that of the semiconductor laser equipment of drawing 9, a current and a laser beam are shut up by existence of the current block layer 15 in a stripe field, and the laser oscillation of a single mode is obtained (JJAP, vol.25, and p.L498 (1986). reference).

[0009] The semiconductor laser equipment shown in drawing 11 is the thing of the structure which simplified the semiconductor laser equipment shown in drawing 10, and has "refer to [ in which the current block layer 15 is not formed ] the ridge guided wave structure (SPIE, vol.1043, p.61 (1989))." Here, 19 in drawing 11 is a dielectric film. Since the semiconductor laser equipment shown in drawing 11 does not have the flat front face, a crack does not occur at the time of a cleavage, or there are problems, like thermal resistance becomes high, and it is not fertilized, but the thing of the structure shown in drawing 10 which made the front face flat is used widely. That is, 15 layers of current blocks make the front face of semiconductor laser equipment flat, and the effectiveness of raising mass-production nature also has them.

[0010] Moreover, in recent years, the semiconductor laser of a real refractive-index guided wave mold which used the GaAlAs current block layer is also developed (JP,62-73687,A). Since the laser beam is shut up in the stripe field by forming the refractive index of a current block layer lower than the refractive index of a cladding layer according to this structure, unlike the thing of the structure which shows a laser beam in drawing 9 and drawing 10 which have been shut up by the light absorption of the current block layer 15, the semiconductor laser equipment of the small single mode of the

low operating current of an internal loss is obtained.

[0011] Drawing 12 shows the semiconductor laser equipment of the embedding hetero (BH) structure applied in the field of optical communication etc. (IEEE, J.Quantum Electron., QE-16, p.205 (1980) reference). In drawing 12, 20 is an embedding quantity resistive layer and 21 is a zinc diffusion field. In the semiconductor laser equipment shown in drawing 12, the embedding quantity resistive layer 20 of the side face of the both sides of a barrier layer 13 acts as a current block layer, and a laser beam embeds with a barrier layer 13, and is steeply shut up in a stripe field by the refractive-index difference between the high resistive layers 20. a steep light — shutting up — in order to increase the optical consistency in a barrier layer 13, this structure is unsuitable for obtaining high power, and, generally is applied to the semiconductor laser equipment of low-power output.

[0012] Drawing 13 is the conventional example which formed the lightguide layer 22 on the cladding layer 12, and formed the stripe-like barrier layer 13 on this lightguide layer 22 (IEEE, J.Quantum Electron., QE-15, and p.451 (1979) reference). Since according to the semiconductor laser equipment of this structure a barrier layer 13 will be exposed into atmospheric air in case a barrier layer 13 is etched in the shape of a stripe, it has the fault of producing the fall of dependability. Moreover, since the current block layer 23 which consists of GaAlAs is formed in the maximum top face of a growth phase, there is a problem that the breadth of a current is large and a threshold becomes high, and it has not resulted in utilization.

[0013] The semiconductor laser equipment which, on the other hand, oscillates the blue laser beam as the light source for information record of the high density corresponding to multimedia is needed. However, the practical semiconductor laser equipment which oscillates a blue laser beam has not yet resulted in implementation.

[0014] As one of the ingredients which realizes this semiconductor laser equipment, the semiconductor material of the GaN system which sets a barrier layer to InGaN attracts attention. However, compared with GaAs etc., since the bonding strength between atoms is strong, the semiconductor material of a GaN system is difficult to etch.

[0015]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As explained above, since it is structure which shuts up a current and a laser beam in a stripe using a current block layer, in case the semiconductor laser equipment of structure manufactures semiconductor laser equipment, the process which forms alternatively the process or current block layer which etches a current block layer in the shape of a stripe outside a stripe field is conventionally indispensable [ equipment ].

[0016] Since diffusion length extent to an electron or an electron hole is required as thickness of a current block layer required in order to prevent a current, in the case of the current block layer of n mold which consists of GaAs, the thickness of about 0.5-1 micrometer is required, and, in the case of the current block layer of p mold which consists of GaAs, the thickness of 2-3 micrometers is required. Although etching of a stripe field with a depth of about 1 micrometer is needed [ since manufacture is easy, n mold is used for the current block layer, and ] in order to be formation of the current block layer of n mold so that a current block layer is thin in case semiconductor laser equipment is manufactured, deep etching brings about the fall of the yield by dispersion in the stripe width of face after etching. In the semiconductor laser equipment which needs to control the stripe width of face after etching to about  $2 \times 0.2$  micrometers in the case of real refractive-index guided wave structure and by which optical distribution is directly influenced with stripe width of face, control of stripe width of face is very important.

[0017] In order to be stabilized and to perform etching of the depth direction, the problem of control of stripe width of face poses a problem, especially when preparing an etching halt layer and performing selective etching. For example, in drawing 9, even if it uses the etching reagent which can etch the current block layer 15 alternatively, it is because dispersion in the thickness is also large when the thickness of the current block layer 15 is large, so stripe width of face varies greatly by the side etch in time amount until all the fields in the current block layer 15 to remove are removed.

[0018] When dispersion within the field of the thickness of the current block layer 15 is  $\pm 10\%$ , the thickness of the current block layer 15 is set to  $1 \times 0.1$  micrometers, and even if side etch and the dirty rate of the depth direction are the same, specifically, dispersion in the stripe width of face by side etch is set to  $\pm 0.2$  micrometers. In fact, further, since dispersion by the photolithography process of mask width of face is added to the aforementioned dispersion, it can be satisfied and there are  $2 \times 0.2$  micrometers of problems of causing the fall of the yield in the aforementioned example of a design.

[0019] Like the structure of drawing 10, when forming the current block layer 15 alternatively outside a stripe field, the process which etches cladding layer 16B of p mold into 1-micrometer thickness is required, and the difficulty of control of stripe width of face is the same as that of the above. That is, as long as the current block layer 15 is required, the problem of control of the stripe width of face by deep etching is not avoided. But although the method of growing up the current block layer 15 alternatively on the 1st cladding layer 14 is considered as the manufacture approach in the structure of drawing 9 For that purpose, dielectric films, such as a nitride as a mask for selective growth, are formed by approaches, such as plasma CVD, on the 1st cladding layer 14 in a stripe field before selective growth. The process which removes said dielectric film by approaches, such as reactive ion etching, is required after selective growth. In this case, since there is a problem to which the 1st problem that a great crystal defect will be introduced into a cladding layer 14 and manufacture approach near the luminescence field of a barrier layer 13 become complicated, it has not resulted in implementation.

[0020] The semiconductor material of the GaN system which forms a barrier layer by InGaN attracts attention as one of the ingredients which realizes the semiconductor laser equipment which, on the other hand, carries out outgoing radiation of the blue laser beam. However, since the bonding strength between atoms is strong compared with GaAs etc., the semiconductor of a GaN system is an ingredient with difficult etching, this becomes one cause and semiconductor laser equipment is not realized. That is, although etching by the wet etching method do not give a damage to a crystal is

required for formation of the waveguide inside semiconductor laser equipment, the suitable thing for the etching reagent used in this case is not found.

[0021] Even if a suitable etching reagent exists, when unlike the crystal of cubic system, such as a GaAs system, the crystal of GaN by which epitaxial growth was carried out is generally hexagonal system and performs deep etching required for said conventional structure, an etching side is no longer a flat surface, and since loss of waveguide will become great, laser oscillation will have the problem that it cannot wish. For this reason, there is a limit that only very shallow etching is permitted even if it etches.

[0022] This invention aims at realizing easily and certainly the semiconductor laser equipment of a single mode with a flat front face, especially realizing easily the semiconductor laser equipment which carries out outgoing radiation of the blue laser beam, without using a current block layer in view of the fault of said conventional semiconductor laser equipment.

[0023]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the aforementioned purpose, this invention realizes the semiconductor laser equipment which has refractive-index guided wave structure, although a current block layer does not exist by making fields other than a stripe field high resistance, and making it the structure where a current flows only to a stripe field while making a stripe field low resistance.

[0024] the solution means which invention of claim 1 provided — semiconductor laser equipment — a refractive index —  $n_X$  The 1st semi-conductor layer of one conductivity type whose refractive index is  $n_{Y1}$  is formed above a barrier layer. it is — In contact with the 1st semi-conductor layer, the 2nd semi-conductor layer of one conductivity type whose refractive index is  $n_{Y2}$  is formed in the shape of a stripe. said 1st semi-conductor layer top — this — In contact with the 1st semi-conductor layer and the 2nd semi-conductor layer, the 3rd semi-conductor layer of one conductivity type whose refractive index is  $n_{Y3}$  is formed. a said 1st semi-conductor layer and 2nd semi-conductor layer top — this — Said barrier layer, the 1st semi-conductor layer, the 2nd semi-conductor layer, and the 3rd semi-conductor layer The interfacial resistance between the 1st semi-conductor layer and the 3rd semi-conductor layer becomes larger than any of the interfacial resistance between the 1st semi-conductor layer and the 2nd semi-conductor layer, and the interfacial resistance between the 2nd semi-conductor layer and the 3rd semi-conductor layer. Refractive index  $n_X$  of a barrier layer It considers as the configuration currently formed so that it may be larger than the refractive index  $n_{Y1}$  of the 1st semi-conductor layer and the refractive index  $n_{Y2}$  of the 2nd semi-conductor layer may become larger than the refractive index  $n_{Y3}$  of the 3rd semi-conductor layer.

[0025] Invention of claim 2 adds the configuration that the oxide film is formed to the surface layer of the field which is in contact with said 3rd semi-conductor layer in said 1st semi-conductor layer at the configuration of claim 1.

[0026] The 1st lightguide layer of one conductivity type with which the solution means which invention of claim 3 provided becomes the upper part of a barrier layer which consists semiconductor laser equipment of  $Ga_{1-X}Al_XAs$  from  $Ga_{1-Y1}Al_{Y1}As$  is formed. The 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of  $Ga_{1-Y2}Al_{Y2}As$  in contact with the 1st lightguide layer is formed in the shape of a stripe. said 1st lightguide layer top — this — The cladding layer of one conductivity type which consists of  $Ga_{1-Y3}Al_{Y3}As$  in contact with the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer is formed. a said 1st lightguide layer and 2nd lightguide layer top — this — Said barrier layer, the 1st lightguide layer, the 2nd lightguide layer, and a cladding layer The interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer becomes larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer. It considers as the configuration currently formed so that the relation of  $Y3 > Y2$  and  $Y1 > X > 0$  may be materialized among  $X$ ,  $Y1$ ,  $Y2$ , and  $Y3$  of each mixed-crystal ratio.

[0027] Invention of claim 5 which is what adds the configuration that said 2nd lightguide layer of invention of claim 4 is transparent in the configuration of claim 3 to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer adds the configuration that said barrier layer and the 2nd lightguide layer are formed so that the relation of  $Y2 > X$  may be materialized among  $X$  and  $Y2$  of each mixed-crystal ratio to the configuration of claim 4.

[0028] Invention of claim 6 adds the configuration of being formed so that said barrier layer and the 2nd lightguide layer may become the thickness to which the relation of  $X > Y2 > 0$  is realized among  $X$  and  $Y2$  of each mixed-crystal ratio, and the 2nd lightguide layer does the quantum effectiveness so to the configuration of claim 4.

[0029] Invention of claim 7 adds the configuration that the oxide film is formed to the surface layer of the field which is in contact with said cladding layer in said 1st lightguide layer at the configuration of claim 3.

[0030] Invention of claim 9 which is what adds the configuration that said 2nd lightguide layer of invention of claim 8 is transparent in the configuration of claim 7 to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer adds the configuration that said barrier layer and the 2nd lightguide layer are formed so that the relation of  $Y2 > X$  may be materialized among  $X$  and  $Y2$  of each mixed-crystal ratio to the configuration of claim 8.

[0031] Invention of claim 10 adds the configuration of being formed so that said barrier layer and the 2nd lightguide layer may become the thickness to which the relation of  $X > Y2 > 0$  is realized among  $X$  and  $Y2$  of each mixed-crystal ratio, and the 2nd lightguide layer does the quantum effectiveness so to the configuration of claim 8.

[0032] As for the solution means which invention of claim 11 provided, the 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of  $Ga_{1-Y1}Al_{Y1}As$  is formed above the barrier layer which has quantum well structure in semiconductor laser equipment. The 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of  $Ga_{1-Y2}Al_{Y2}As$  in contact with the 1st lightguide layer is formed in the shape of a stripe. said 1st lightguide layer top — this — The cladding layer of one conductivity type which consists of  $Ga_{1-Y3}Al_{Y3}As$  in contact with the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer is formed. a said 1st lightguide layer and 2nd lightguide layer top — this — Said barrier layer, the 1st lightguide layer, the 2nd lightguide layer, and said cladding layer The interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer



becomes larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer. It considers as the configuration currently formed so that the relation of  $Y3 > Y2$  may be materialized among  $Y2$  and  $Y3$  of each mixed-crystal ratio of the 2nd lightguide layer and a cladding layer.

[0033] Invention of claim 12 adds the configuration that said 2nd lightguide layer is transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer to the configuration of claim 11.

[0034] Invention of claim 13 adds the configuration currently formed so that said 2nd lightguide layer may become the magnitude in which the forbidden-band width of face does not absorb the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer to the configuration of claim 12.

[0035] invention of claim 14 — the configuration of claim 12 — said 2nd lightguide layer — this — the configuration of being formed so that the 2nd lightguide layer may become the thickness which does the quantum effectiveness so is added.

[0036] Invention of claim 15 adds the configuration that the oxide film is formed to the surface layer of the field which is in contact with said cladding layer in said 1st lightguide layer at the configuration of claim 11.

[0037] Invention of claim 17 which is what adds the configuration that said 2nd lightguide layer of invention of claim 16 is transparent in the configuration of claim 15 to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer adds the configuration currently formed so that said 2nd lightguide layer may become the magnitude in which the forbidden-band width of face does not absorb the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer to the configuration of claim 16.

[0038] invention of claim 18 — the configuration of claim 16 — said 2nd lightguide layer — this — the configuration of being formed so that the 2nd lightguide layer may become the thickness which does the quantum effectiveness so is added.

[0039] The 1st lightguide layer of one conductivity type with which the solution means which invention of claim 19 provided becomes the upper part of a barrier layer which consists semiconductor laser equipment of  $\text{In}_{X1}\text{Ga}_{1-X1}\text{N}$  from  $\text{AlGaIn}$  is formed. The 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{In}_{X2}\text{Ga}_{1-X2}\text{N}$  in contact with the 1st lightguide layer is formed in the shape of a stripe. said 1st lightguide layer top — this — The cladding layer of one conductivity type which consists of  $\text{AlGaIn}$  in contact with the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer is formed. a said 1st lightguide layer and 2nd lightguide layer top — this — Said barrier layer, the 1st lightguide layer, the 2nd lightguide layer, and a cladding layer It considers as the configuration currently formed so that the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer may become larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer.

[0040] Invention of claim 21 which is what adds the configuration that said 2nd lightguide layer of invention of claim 20 is transparent in the configuration of claim 19 to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer Said barrier layer and the 2nd lightguide layer add the configuration of being formed so that the relation of  $X1 > X2$  may be materialized among  $X1$  and  $X2$  of each mixed-crystal ratio to the configuration of claim 20.

[0041] Invention of claim 22 adds the configuration of being formed so that said barrier layer and the 2nd lightguide layer may become the thickness to which the relation of  $X2 \geq X1 \geq 0$  is realized among  $X1$  and  $X2$  of each mixed-crystal ratio, and the 2nd lightguide layer does the quantum effectiveness so to the configuration of claim 20.

[0042] Invention of claim 23 adds the configuration that the oxide film is formed to the surface layer of the field which is in contact with said cladding layer in said 1st lightguide layer at the configuration of claim 19.

[0043] Invention of claim 25 which is what adds the configuration that said 2nd lightguide layer of invention of claim 24 is transparent in the configuration of claim 23 to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer Said barrier layer and the 2nd lightguide layer add the configuration of being formed so that the relation of  $X1 > X2$  may be materialized among  $X1$  and  $X2$  of each mixed-crystal ratio to the configuration of claim 24.

[0044] Invention of claim 26 adds the configuration of being formed so that said barrier layer and the 2nd lightguide layer may become the thickness to which the relation of  $X2 \geq X1 \geq 0$  is realized among  $X1$  and  $X2$  of each mixed-crystal ratio, and the 2nd lightguide layer does the quantum effectiveness so to the configuration of claim 24.

[0045] The 1st lightguide layer of one conductivity type with which the solution means which invention of claim 27 provided becomes the upper part of a barrier layer which consists semiconductor laser equipment of  $\text{In}_{X1}\text{Ga}_{1-X1}\text{N}$  from  $\text{Al}_{Z1}\text{Ga}_{1-Z1}\text{N}$  is formed. The 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{Al}_{Z2}\text{Ga}_{1-Z2}\text{N}$  in contact with the 1st lightguide layer is formed in the shape of a stripe. said 1st lightguide layer top — this — The cladding layer of one conductivity type which consists of  $\text{Al}_{Z3}\text{Ga}_{1-Z3}\text{N}$  in contact with the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer is formed. a said 1st lightguide layer and 2nd lightguide layer top — this — Said barrier layer, the 1st lightguide layer, the 2nd lightguide layer, and a cladding layer The interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer becomes larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer. It considers as the configuration currently formed so that the relation between  $X1 \geq 0$ ,  $Z1 > Z2$ , and  $Z3 > Z2$  may be materialized among  $X1$ ,  $Z1$ ,  $Z2$ , and  $Z3$  of each mixed-crystal ratio.

[0046] Invention of claim 28 adds the configuration that the oxide film is formed to the surface layer of the field which is in contact with said cladding layer in said 1st lightguide layer at the configuration of claim 27.

[0047] As for the solution means which invention of claim 29 provided, the 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{AlGaIn}$  is formed above the barrier layer which has quantum well structure in semiconductor laser equipment. The 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{InGaIn}$  in contact with the 1st lightguide

layer is formed in the shape of a stripe. said 1st lightguide layer top — this — The cladding layer of one conductivity type which consists of AlGaIn in contact with the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer is formed. a said 1st lightguide layer and 2nd lightguide layer top — this — Said barrier layer, the 1st lightguide layer, the 2nd lightguide layer, and said cladding layer It considers as the configuration currently formed so that the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer may become larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer.

[0048] Invention of claim 30 adds the configuration that said 2nd lightguide layer is transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer to the configuration of claim 29.

[0049] Invention of claim 31 adds the configuration currently formed so that said 2nd lightguide layer may become the magnitude in which the forbidden-band width of face does not absorb the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer to the configuration of claim 30.

[0050] invention of claim 32 — the configuration of claim 30 — said 2nd lightguide layer — this — the configuration of being formed so that the 2nd lightguide layer may become the thickness which does the quantum effectiveness so is added.

[0051] Invention of claim 33 adds the configuration that the oxide film is formed to the surface layer of the field which is in contact with said cladding layer in said 1st lightguide layer at the configuration of claim 29.

[0052] Invention of claim 35 which is what adds the configuration that said 2nd lightguide layer of invention of claim 34 is transparent in the configuration of claim 33 to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer adds the configuration currently formed so that said 2nd lightguide layer may become the magnitude in which the forbidden-band width of face does not absorb the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer to the configuration of claim 34.

[0053] invention of claim 36 — the configuration of claim 34 — said 2nd lightguide layer — this — the configuration of being formed so that the 2nd lightguide layer may become the thickness which does the quantum effectiveness so is added.

[0054] As for the solution means which invention of claim 37 provided, the 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{Al}_{21}\text{Ga}_{1-21}\text{N}$  is formed above the barrier layer which has quantum well structure in semiconductor laser equipment. The 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{Al}_{22}\text{Ga}_{1-22}\text{N}$  in contact with the 1st lightguide layer is formed in the shape of a stripe. said 1st lightguide layer top — this — The cladding layer of one conductivity type which consists of  $\text{Al}_{23}\text{Ga}_{1-23}\text{N}$  in contact with the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer is formed. a said 1st lightguide layer and 2nd lightguide layer top — this — Said barrier layer, the 1st lightguide layer, the 2nd lightguide layer, and said cladding layer The interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer becomes larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer. It considers as the configuration currently formed so that the relation of  $Z_3 > Z_2$  may be materialized between each mixed-crystal ratio of the 2nd lightguide layer and said cladding layer.

[0055] Invention of claim 38 adds the configuration that the oxide film is formed to the surface layer of the field which is in contact with said cladding layer in said 1st lightguide layer at the configuration of claim 37.

[0056] The process at which invention of claim 39 forms a barrier layer for the manufacture approach of semiconductor laser equipment on a semi-conductor substrate, The process which forms the 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{Ga}_{1-1}\text{Y}_{11}\text{Al}_{11}\text{Y}_{11}\text{As}$  with an epitaxial grown method above this barrier layer, this — with the process which forms the 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{Ga}_{1-2}\text{Y}_{21}\text{Al}_{21}\text{Y}_{21}\text{As}$  on the 1st lightguide layer this — with the process which etches the 2nd lightguide layer so that it may become stripe geometry On said 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, with an epitaxial grown method It considers as the configuration equipped with the process which forms the cladding layer of one conductivity type so that it may consist of  $\text{Ga}_{1-3}\text{Y}_{31}\text{Al}_{31}\text{Y}_{31}\text{As}$  and the relation of  $Y_3 > Y_2$  may be materialized among  $Y_2$  and  $Y_3$  of each of said mixed-crystal ratio of  $\text{Ga}_{1-2}\text{Y}_{21}\text{Al}_{21}\text{Y}_{21}\text{As}$  and  $\text{Ga}_{1-3}\text{Y}_{31}\text{Al}_{31}\text{Y}_{31}\text{As}$ .

[0057] The process at which invention of claim 40 forms a barrier layer for the manufacture approach of semiconductor laser equipment on a semi-conductor substrate, The process which forms the 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{Ga}_{1-1}\text{Y}_{11}\text{Al}_{11}\text{Y}_{11}\text{As}$  with an epitaxial grown method above this barrier layer, this — with the process which forms the 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of  $\text{Ga}_{1-2}\text{Y}_{21}\text{Al}_{21}\text{Y}_{21}\text{As}$  on the 1st lightguide layer this — with the process which etches the 2nd lightguide layer so that it may become stripe geometry The process which oxidizes the surface layer of the field which is not in contact with said 2nd lightguide layer in said 1st lightguide layer, On said 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, with an epitaxial grown method It considers as the configuration equipped with the process which forms the cladding layer of one conductivity type so that it may consist of  $\text{Ga}_{1-3}\text{Y}_{31}\text{Al}_{31}\text{Y}_{31}\text{As}$  and the relation of  $Y_3 > Y_2$  may be materialized among  $Y_2$  and  $Y_3$  of each of said mixed-crystal ratio of  $\text{Ga}_{1-2}\text{Y}_{21}\text{Al}_{21}\text{Y}_{21}\text{As}$  and  $\text{Ga}_{1-3}\text{Y}_{31}\text{Al}_{31}\text{Y}_{31}\text{As}$ .

[0058] The process at which invention of claim 41 forms a barrier layer for the manufacture approach of semiconductor laser equipment on a semi-conductor substrate, The process which forms the 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of AlGaIn with an epitaxial grown method above this barrier layer, this — with the process which forms the 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of InGaIn on the 1st lightguide layer this — it considers as the configuration equipped with the process which forms the cladding layer of one conductivity type which consists of AlGaIn with an epitaxial grown method on the process which etches the 2nd lightguide layer so that it may become stripe geometry, said 1st lightguide layer, and the 2nd lightguide layer.

[0059] The process at which invention of claim 42 forms a barrier layer for the manufacture approach of semiconductor laser equipment on a semi-conductor substrate, The process which forms the 1st lightguide layer of one conductivity type

which consists of AlGaIn with an epitaxial grown method above this barrier layer, this — with the process which forms the 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of InGaIn on the 1st lightguide layer this — with the process which etches the 2nd lightguide layer so that it may become stripe geometry The process which oxidizes the surface layer of the field which is not in contact with said 2nd lightguide layer in said 1st lightguide layer, It considers as the configuration equipped with the process which forms the cladding layer of one conductivity type which consists of AlGaIn with an epitaxial grown method on said 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer.

[0060] The process at which invention of claim 43 forms a barrier layer for the manufacture approach of semiconductor laser equipment on a semi-conductor substrate, The process which forms the 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of Al<sub>0.2</sub>In<sub>0.8</sub>Ga<sub>1</sub>-Z<sub>1</sub>N with an epitaxial grown method above this barrier layer, this — with the process which forms the 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of Al<sub>0.2</sub>In<sub>0.8</sub>Zn<sub>1</sub>Ga<sub>1</sub>-Z<sub>2</sub>N on the 1st lightguide layer this — with the process which etches the 2nd lightguide layer so that it may become stripe geometry On said 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, with an epitaxial grown method It considers as the configuration equipped with the process which forms the cladding layer of one conductivity type so that it may consist of Al<sub>0.3</sub>In<sub>0.7</sub>Zn<sub>1</sub>Ga<sub>1</sub>-Z<sub>3</sub>N and the relation of  $Z_3 > Z_2$  may be materialized among Z<sub>2</sub> and Z<sub>3</sub> of each of said mixed-crystal ratio (Al<sub>0.2</sub>In<sub>0.8</sub>Zn<sub>1</sub>Ga<sub>1</sub>-Z<sub>2</sub>N and Al<sub>0.3</sub>In<sub>0.7</sub>Zn<sub>1</sub>Ga<sub>1</sub>-Z<sub>3</sub>N).

[0061] The process at which invention of claim 44 forms a barrier layer for the manufacture approach of semiconductor laser equipment on a semi-conductor substrate, The process which forms the 1st lightguide layer of one conductivity type which consists of Al<sub>0.2</sub>In<sub>0.8</sub>Ga<sub>1</sub>-Z<sub>1</sub>N with an epitaxial grown method above this barrier layer, this — with the process which forms the 2nd lightguide layer of one conductivity type which consists of Al<sub>0.2</sub>In<sub>0.8</sub>Zn<sub>1</sub>Ga<sub>1</sub>-Z<sub>2</sub>N on the 1st lightguide layer this — with the process which etches the 2nd lightguide layer so that it may become stripe geometry The process which oxidizes the surface layer of the field which is not in contact with said 2nd lightguide layer in said 1st lightguide layer, On said 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, with an epitaxial grown method It considers as the configuration equipped with the process which forms the cladding layer of one conductivity type so that it may consist of Al<sub>0.3</sub>In<sub>0.7</sub>Zn<sub>1</sub>Ga<sub>1</sub>-Z<sub>3</sub>N and the relation of  $Z_3 > Z_2$  may be materialized among Z<sub>2</sub> and Z<sub>3</sub> of each of said mixed-crystal ratio (Al<sub>0.2</sub>In<sub>0.8</sub>Zn<sub>1</sub>Ga<sub>1</sub>-Z<sub>2</sub>N and Al<sub>0.3</sub>In<sub>0.7</sub>Zn<sub>1</sub>Ga<sub>1</sub>-Z<sub>3</sub>N).

[0062]

[Function] By the configuration of claim 1, since the interfacial resistance between the 1st semi-conductor layer and the 3rd semi-conductor layer is larger than any of the interfacial resistance between the 1st semi-conductor layer and the 2nd semi-conductor layer, and the interfacial resistance between the 2nd semi-conductor layer and the 3rd semi-conductor layer, While a current cannot flow easily in fields other than the field where the 2nd semi-conductor layer is not formed between the 1st semi-conductor layer and the 3rd semi-conductor layer, i.e., a stripe field, it tends to flow, the field, i.e., the stripe field, in which the 2nd semi-conductor layer is formed. For this reason, even if it does not form a current block layer, the constriction of the current can be carried out to a stripe field.

[0063] Moreover, refractive index  $n_X$  of a barrier layer Since [ than the refractive index  $n_{Y1}$  of the 1st semi-conductor layer / larger and ] the refractive index  $n_{Y2}$  of the 2nd semi-conductor layer is larger than the refractive index  $n_{Y3}$  of the 3rd semi-conductor layer, the effective refractive index of a stripe field becomes higher than the effective refractive index outside a stripe field, and the stable single transverse mode oscillation by the refractive-index guided wave device can be obtained.

[0064] Since the oxide film is formed in the surface layer of the field which is in contact with the 3rd semi-conductor layer in the 1st semi-conductor layer with the configuration of claim 2, interfacial resistance between the 1st semi-conductor layer and the 3rd semi-conductor layer can be made simply large to authenticity.

[0065] In the semiconductor laser equipment which a barrier layer becomes from GaAlAs by the configuration of claim 3 Since the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer is larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer, Even if a current becomes easy to flow, the field, i.e., the stripe field, in which the 2nd lightguide layer is formed, and does not form a current block layer, it can carry out the constriction of the current to a stripe field.

[0066] Moreover, since the relation between  $Y_3 > Y_2$  and  $Y_1 > X \geq 0$  is materialized among X, Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>, and Y<sub>3</sub> of each mixed-crystal ratio of a barrier layer, the 1st lightguide layer, the 2nd lightguide layer, and a cladding layer and the refractive index of the 2nd lightguide layer becomes larger than the refractive index of a cladding layer, the effective refractive index of a stripe field becomes higher than the effective refractive index outside a stripe field, and the stable single transverse mode oscillation can be obtained.

[0067] In the semiconductor laser equipment which a barrier layer becomes from GaAlAs by the configuration of claim 4, to the wavelength of the laser beam by which the 2nd lightguide layer is oscillated by said barrier layer, since it is transparent, generation of heat [ / near the barrier layer ] is controlled.

[0068] Since it is formed so that, as for a barrier layer and the 2nd lightguide layer, the relation of  $Y_2 > X$  may be materialized among X and Y<sub>2</sub> of each mixed-crystal ratio by the configuration of claim 5 in the semiconductor laser equipment with which a barrier layer consists of GaAlAs, the 2nd lightguide layer becomes transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer, and generation of heat [ / near the barrier layer ] is controlled.

[0069] Since it is formed so that a barrier layer and the 2nd lightguide layer may become the thickness to which the relation of  $X \geq Y_2 \geq 0$  is realized among X and Y<sub>2</sub> of each mixed-crystal ratio, and the 2nd lightguide layer does the quantum effectiveness so by the configuration of claim 6 in the semiconductor laser equipment with which a barrier layer consists of GaAlAs, the 2nd lightguide layer becomes transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer, and generation of heat [ / near the barrier layer ] is controlled.

[0070] Since the oxide film is formed in the surface layer of the field which is in contact with the cladding layer in the 1st

lightguide layer with the configuration of claim 7 in the semiconductor laser equipment with which a barrier layer consists of GaAlAs, interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer can be made simply large to authenticity.

[0071] By the configuration of claim 8, a barrier layer can control simple and generation of heat [ since it is transparent / to the wavelength of the laser beam by which it can enlarge certainly and the 2nd lightguide layer is oscillated by said barrier layer / near the barrier layer ] for the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer in the semiconductor laser equipment which consists of GaAlAs.

[0072] In the semiconductor laser equipment which a barrier layer becomes from GaAlAs by the configuration of claim 9 The interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer Simple and since it can enlarge certainly, and a barrier layer and the 2nd lightguide layer are formed so that the relation of  $Y2 > X$  may be materialized among X and Y2 of each mixed-crystal ratio, The 2nd lightguide layer becomes transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer, and can control generation of heat [ / near the barrier layer ].

[0073] In the semiconductor laser equipment which a barrier layer becomes from GaAlAs by the configuration of claim 10 Interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer can be made simply large to authenticity. A barrier layer and the 2nd lightguide layer Since it is formed so that it may become the thickness to which the relation of  $X > Y2 > 0$  is realized among X and Y2 of each mixed-crystal ratio, and the 2nd lightguide layer does the quantum effectiveness so, The 2nd lightguide layer becomes transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer, and can control generation of heat [ / near the barrier layer ].

[0074] By the configuration of claim 11, since the barrier layer has quantum well structure, the reduction in a threshold and high increase in power of semiconductor laser can be attained.

[0075] Moreover, like claim 3, since the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer is larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer, even if it does not form a current block layer, it can carry out the constriction of the current into a stripe field.

[0076] Furthermore, since the relation of  $Y3 > Y2$  is materialized among Y2 and Y3 of each mixed-crystal ratio of the 2nd lightguide layer and a cladding layer, the refractive index of the 2nd lightguide layer becomes larger than the refractive index of a cladding layer, and the single transverse mode stabilized according to the refractive-index guided wave device can be obtained.

[0077] In the semiconductor laser equipment of the GaAlAs system in which a barrier layer has quantum well structure by the configuration of claim 12, to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer, since it is transparent, the 2nd lightguide layer can control generation of heat [ / near the barrier layer ].

[0078] In the semiconductor laser equipment of the GaAlAs system in which a barrier layer has quantum well structure by the configuration of claim 13, since the forbidden-band width of face of the 2nd lightguide layer is formed in the magnitude which does not absorb the wavelength of the laser beam oscillated by the barrier layer, the 2nd lightguide layer becomes transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer, and generation of heat [ / near the barrier layer ] is controlled.

[0079] Since it is formed so that it may become the thickness to which the 2nd lightguide layer does the quantum effectiveness so by the configuration of claim 14 in the semiconductor laser equipment of a GaAlAs system with which a barrier layer has quantum well structure, the 2nd lightguide layer becomes transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer, and can control generation of heat [ / near the barrier layer ].

[0080] Since the oxide film is formed in the surface layer of the field which is in contact with the cladding layer in the 1st lightguide layer with the configuration of claim 15 in the semiconductor laser equipment of a GaAlAs system with which a barrier layer has quantum well structure, interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer can be made simply large to authenticity.

[0081] By the configuration of claim 16, a barrier layer can control simple and generation of heat [ since it is transparent / to the wavelength of the laser beam by which it can enlarge certainly and the 2nd lightguide layer is oscillated by said barrier layer / near the barrier layer ] for the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer in the semiconductor laser equipment of the GaAlAs system which has quantum well structure.

[0082] In the semiconductor laser equipment of the GaAlAs system in which a barrier layer has quantum well structure by the configuration of claim 17 The interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer Simple and since it can enlarge certainly and the forbidden-band width of face of the 2nd lightguide layer is formed in the magnitude which does not absorb the wavelength of the laser beam oscillated by the barrier layer, The 2nd lightguide layer becomes transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer, and generation of heat [ / near the barrier layer ] is controlled.

[0083] By the configuration of claim 18, a barrier layer can control simple and generation of heat [ it can enlarge certainly, since it is formed so that the 2nd lightguide layer may become the thickness which does the quantum effectiveness so, the 2nd lightguide layer becomes transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer, and / near the barrier layer ] for the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer in the semiconductor laser equipment of the GaAlAs system which has quantum well structure.

[0084] In the semiconductor laser equipment which a barrier layer becomes from InGaN by the configuration of claim 19 Since the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer is larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer, Even if a current becomes easy to flow, the field, i.e., the stripe field, in which the 2nd lightguide layer is formed, and does not form a current block layer, it can carry out the constriction of the current to a

stripe field.

[0085] Moreover, since InGaN is used for the 2nd lightguide layer, AlGaIn is used for the cladding layer and the refractive index of the 2nd lightguide layer becomes larger than the refractive index of a cladding layer, the effective refractive index of a stripe field becomes higher than the effective refractive index outside a stripe field, and the stable single transverse mode oscillation can be obtained.

[0086] In the semiconductor laser equipment which a barrier layer becomes from InGaIn by the configuration of claim 20, to the wavelength of the laser beam by which the 2nd lightguide layer is oscillated by said barrier layer, since it is transparent, generation of heat [ / near the barrier layer ] is controlled.

[0087] Since it is formed so that, as for a barrier layer and the 2nd lightguide layer, the relation of  $X1 > X2$  may be materialized among  $X1$  and  $X2$  of each mixed-crystal ratio by the configuration of claim 21 in the semiconductor laser equipment with which a barrier layer consists of InGaIn, the 2nd lightguide layer becomes transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by the barrier layer, and generation of heat [ / near the barrier layer ] is controlled.

[0088] In the semiconductor laser equipment which a barrier layer becomes from InGaIn by the configuration of claim 22 a barrier layer and the 2nd lightguide layer Since it is formed so that it may become the thickness to which the relation of  $X2 \geq X1 \geq 0$  is realized among  $X1$  and  $X2$  of each mixed-crystal ratio, and the 2nd lightguide layer does the quantum effectiveness so, The 2nd lightguide layer becomes transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by the barrier layer, and generation of heat [ / near the barrier layer ] is controlled.

[0089] Since the oxide film is formed in the surface layer of the field which is in contact with the cladding layer in the 1st lightguide layer with the configuration of claim 23 in the semiconductor laser equipment with which a barrier layer consists of InGaIn, interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer can be made simply large to authenticity.

[0090] By the configuration of claim 24, a barrier layer can control simple and generation of heat [ since it is transparent / to the wavelength of the laser beam by which it can enlarge certainly and the 2nd lightguide layer is oscillated by said barrier layer / near the barrier layer ] for the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer in the semiconductor laser equipment which consists of InGaIn.

[0091] In the semiconductor laser equipment which a barrier layer becomes from InGaIn by the configuration of claim 25 The interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer Simple and since it can enlarge certainly, and a barrier layer and the 2nd lightguide layer are formed so that the relation of  $X1 > X2$  may be materialized among  $X1$  and  $X2$  of each mixed-crystal ratio, The 2nd lightguide layer becomes transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer, and can control generation of heat [ / near the barrier layer ].

[0092] In the semiconductor laser equipment which a barrier layer becomes from InGaIn by the configuration of claim 26 Interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer can be made simply large to authenticity. A barrier layer and the 2nd lightguide layer Since it is formed so that it may become the thickness to which the relation of  $X2 \geq X1 \geq 0$  is realized among  $X1$  and  $X2$  of each mixed-crystal ratio, and the 2nd lightguide layer does the quantum effectiveness so, The 2nd lightguide layer becomes transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer, and can control generation of heat [ / near the barrier layer ].

[0093] In the semiconductor laser equipment which a barrier layer becomes from InGaIn by the configuration of claim 27 Since the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer is larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer, Even if a current becomes easy to flow, the field, i.e., the stripe field, in which the 2nd lightguide layer is formed, and does not form a current block layer, it can carry out the constriction of the current to a stripe field.

[0094] Moreover, since the relation of  $Z3 > Z2$  is materialized among  $Z2$  and  $Z3$  of each mixed-crystal ratio of the 2nd lightguide layer and a cladding layer and the refractive index of the 2nd lightguide layer becomes larger than the refractive index of a cladding layer, the effective refractive index of a stripe field becomes higher than the effective refractive index outside a stripe field, and the stable single transverse mode oscillation can be obtained.

[0095] Moreover, to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer, since it is transparent, the 2nd lightguide layer can control generation of heat [ / near the barrier layer ].

[0096] By the configuration of claim 28, a barrier layer can control simple and generation of heat [ since it is transparent / to the wavelength of the laser beam by which it can enlarge certainly and the 2nd lightguide layer is oscillated by said barrier layer / near the barrier layer ] for the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer in the semiconductor laser equipment which consists of InGaIn.

[0097] By the configuration of claim 29, since the barrier layer has quantum well structure, the reduction in a threshold and high increase in power of the semiconductor laser equipment of an InGaIn system can be attained.

[0098] Moreover, like claim 21, since the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer is larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer, even if it does not form a current block layer, it can carry out the constriction of the current into a stripe field.

[0099] Moreover, since InGaIn is used for the 2nd lightguide layer and AlGaIn is used for the cladding layer, the refractive index of the 2nd lightguide layer becomes larger than the refractive index of a cladding layer, and the single transverse mode stabilized according to the refractive-index guided wave device can obtain.

[0100] In the semiconductor laser equipment of the InGaIn system in which a barrier layer has quantum well structure by the configuration of claim 30, to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer, since it is transparent, the 2nd lightguide layer can control generation of heat [ / near the barrier layer ].

[0101] In the semiconductor laser equipment of the InGaN system in which a barrier layer has quantum well structure by the configuration of claim 31, since the forbidden-band width of face of the 2nd lightguide layer is formed in the magnitude which does not absorb the wavelength of the laser beam oscillated by the barrier layer, the 2nd lightguide layer becomes transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by the barrier layer, and generation of heat [ / near the barrier layer ] is controlled.

[0102] Since it is formed so that it may become the thickness to which the 2nd lightguide layer does the quantum effectiveness so by the configuration of claim 32 in the semiconductor laser equipment of an InGaN system with which a barrier layer has quantum well structure, the 2nd lightguide layer becomes transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer, and can control generation of heat [ / near the barrier layer ].

[0103] Since the oxide film is formed in the surface layer of the field which is in contact with the cladding layer in the 1st lightguide layer with the configuration of claim 33 in the semiconductor laser equipment of an InGaN system with which a barrier layer has quantum well structure, interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer can be made simply large to authenticity.

[0104] By the configuration of claim 34, a barrier layer can control simple and generation of heat [ since it is transparent / to the wavelength of the laser beam by which it can enlarge certainly and the 2nd lightguide layer is oscillated by said barrier layer / near the barrier layer ] for the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer in the semiconductor laser equipment of the InGaN system which has quantum well structure.

[0105] In the semiconductor laser equipment of the InGaN system in which a barrier layer has quantum well structure by the configuration of claim 35 The interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer Simple and since it can enlarge certainly and the forbidden-band width of face of the 2nd lightguide layer is formed in the magnitude which does not absorb the wavelength of the laser beam oscillated by the barrier layer, The 2nd lightguide layer becomes transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by the barrier layer, and generation of heat [ / near the barrier layer ] is controlled.

[0106] By the configuration of claim 36, a barrier layer can control simple and generation of heat [ it can enlarge certainly, since it is formed so that the 2nd lightguide layer may become the thickness which does the quantum effectiveness so, the 2nd lightguide layer becomes transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer, and / near the barrier layer ] for the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer in the semiconductor laser equipment of the InGaN system which has quantum well structure.

[0107] By the configuration of claim 37, since the barrier layer has quantum well structure, the reduction in a threshold and high increase in power of the semiconductor laser equipment of an InGaN system can be attained.

[0108] Moreover, like claim 21, since the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer is larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer, even if it does not form a current block layer, it can carry out the constriction of the current into a stripe field.

[0109] Moreover, since InGaN and AlGaIn are used for the 2nd lightguide layer and cladding layer, the refractive index of the 2nd lightguide layer becomes larger than the refractive index of a cladding layer, and the single transverse mode stabilized according to the refractive-index guided wave device can obtain.

[0110] Moreover, to the wavelength of the laser beam oscillated by said barrier layer, since it is transparent, the 2nd lightguide layer can control generation of heat [ / near the barrier layer ].

[0111] Since the oxide film is formed in the surface layer of the field which is in contact with the cladding layer in the 1st lightguide layer with the configuration of claim 38 in the semiconductor laser equipment of an InGaN system with which a barrier layer has quantum well structure, interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer can be made simply large to authenticity.

[0112] after forming the 2nd lightguide layer on the 1st lightguide layer by the configuration of claim 39 — this — in order to etch the 2nd lightguide layer into stripe geometry, the 2nd stripe-like lightguide layer is formed on the 1st lightguide layer.

[0113] Moreover, on the 2nd lightguide layer which consists of the 1st lightguide layer which consists of Ga<sub>1</sub>-Y<sub>1</sub>AlY<sub>1</sub>As, and Ga<sub>1</sub>-Y<sub>2</sub>AlY<sub>2</sub>As In order to form a cladding layer so that it may consist of Ga<sub>1</sub>-Y<sub>3</sub>AlY<sub>3</sub>As and the relation of Y<sub>3</sub>>Y<sub>2</sub> may be realized among Y<sub>2</sub> and Y<sub>3</sub> of each of said mixed-crystal ratio of Ga<sub>1</sub>-Y<sub>2</sub>AlY<sub>2</sub>As and Ga<sub>1</sub>-Y<sub>3</sub>AlY<sub>3</sub>As, The refractive index of the 2nd lightguide layer can be made larger than a cladding layer, an effective-refractive-index difference is formed within and without a stripe field, and a refractive-index guided wave device is acquired.

[0114] Since it has the process which oxidizes the surface layer of the field in which the 2nd lightguide layer in the 1st lightguide layer is not formed of the configuration of claim 40, the semiconductor laser equipment which has an oxide film in the surface layer of the field which is in contact with the cladding layer in the 1st lightguide layer can be formed certainly.

[0115] after forming the 2nd lightguide layer on the 1st lightguide layer by the configuration of claim 41 — this — in order to etch the 2nd lightguide layer into stripe geometry, the 2nd stripe-like lightguide layer is formed on the 1st lightguide layer.

[0116] Moreover, in order to form the cladding layer which consists of AlGaIn on the 2nd lightguide layer which consists of the 1st lightguide layer and InGaIn which consist of AlGaIn, the refractive index of the 2nd lightguide layer can be made larger than the refractive index of a cladding layer, an effective-refractive-index difference is formed within and without a stripe field, and a refractive-index guided wave device is acquired.

[0117] Since it has the process which oxidizes the surface layer of the field in which the 2nd lightguide layer in the 1st lightguide layer is not formed of the configuration of claim 42, the semiconductor laser equipment which has an oxide film



in the surface layer of the field which is in contact with the cladding layer in the 1st lightguide layer can be formed certainly.

[0118] after forming the 2nd lightguide layer on the 1st lightguide layer by the configuration of claim 43 — this — in order to etch the 2nd lightguide layer into stripe geometry, the 2nd stripe-like lightguide layer is formed on the 1st lightguide layer.

[0119] Moreover, on the 2nd lightguide layer which consists of the 1st lightguide layer which consists of  $\text{AlZ1Ga1-Z1N}$ , and  $\text{InZ2Ga1-Z2N}$  in order to form a cladding layer so that it may consist of  $\text{AlZ3Ga1-Z3N}$  and the relation of  $Z3 > Z2$  may be materialized among Z2 and Z3 of each mixed-crystal ratio of said 2nd lightguide layer and a cladding layer. The refractive index of the 2nd lightguide layer can be made larger than the refractive index of a cladding layer, an effective-refractive-index difference is formed within and without a stripe field, and a refractive-index guided wave device is acquired.

[0120] Since it has the process which oxidizes the surface layer of the field in which the 2nd lightguide layer in the 1st lightguide layer is not formed of the configuration of claim 44, the semiconductor laser equipment which has an oxide film in the surface layer of the field which is in contact with the cladding layer in the 1st lightguide layer can be formed certainly.

[0121]

[Example] Hereafter, one example of this invention is explained, referring to a drawing.

[0122] Drawing 1 is the sectional view of the semiconductor laser equipment concerning the 1st example of this invention. Buffer layer 2A (0.5 micrometers in thickness) of n mold which consists of GaAs is formed on semiconductor substrate 1A of n mold which consists of GaAs. Cladding layer 3A (1.5 micrometers in thickness) of n mold which consists of Ga0.5 aluminum0.5 As is formed on buffer layer 2A. Barrier layer 4A (0.04 micrometers in thickness) which consists of Ga0.85aluminum0.15As is formed on cladding layer 3A. 1st lightguide layer 5A (0.1 micrometers in thickness) of p mold as 1st semi-conductor layer which consists of Ga0.5 aluminum0.5 As is formed on barrier layer 4A. 2nd lightguide layer 6A (20nm in thickness) of p mold as 2nd semi-conductor layer of the shape of a stripe which consists of Ga0.8 aluminum0.2 As is formed on 1st lightguide layer 5A. On 1st lightguide layer 5A and 2nd lightguide layer 6A, embedding cladding layer 7A (1.5 micrometers in thickness) of p mold as 3rd semi-conductor layer which consists of Ga0.5 aluminum0.5 As with a re-grown method is formed. Contact layer 8A (2 micrometers in thickness) which consists of GaAs is formed on embedding cladding layer 7A.

[0123] In this case, in order to obtain the stable single transverse mode oscillation, the refractive index of 2nd lightguide layer 6A is formed more highly than the refractive index of embedding cladding layer 7A. In the \*\*\*\* 1 example, it has realized by embedding the AIAs mixed-crystal ratio of 2nd lightguide layer 6A, and making it lower than the AIAs mixed-crystal ratio of cladding layer 7A.

[0124] The AIAs mixed-crystal ratio of 2nd lightguide layer 6A embeds, the refractive index of the stripe field according that it is the same as that of the mixed-crystal ratio of cladding layer 7A to the plasma effectiveness falls, it becomes the waveguide of an anti guide, and a single transverse-mode oscillation is not obtained. Furthermore, the AIAs mixed-crystal ratio of 2nd lightguide layer 6A embeds, and in being higher than the mixed-crystal ratio of cladding layer 7A, a transverse-mode oscillation becomes very unstable. In the \*\*\*\* 1 example, the AIAs mixed-crystal ratio of 2nd lightguide layer 6A is fully lower than the AIAs mixed-crystal ratio of embedding cladding layer 7A, and is set as 0.2.

[0125] Drawing 2 shows an example of the numerical calculation result of the effective-refractive-index difference ( $\delta n_{\text{eff}}$ ) of stripe inside and outside. When the mixed-crystal ratio of embedding cladding layer 7A used to the light of the wavelength of 780nm band used for an optical disk is 0.5, the mixed-crystal ratio ( $Y_2$ ) of 2nd lightguide layer 6A is set to 0.2 and the thickness is set to about 20nm, it turns out that sufficient effective-refractive-index difference  $\delta n_{\text{eff}} = 7 \times 10^{-3}$  to acquire refractive-index guided wave structure are obtained. Thus, in the 1st example, the design of 2nd very thin lightguide layer 6A is attained by setting up suitably the AIAs mixed-crystal ratio of 2nd lightguide layer 6A. For this reason, most level differences of etching of a stripe field are lost, and the problem of a fall of the yield resulting from side etch etc. is not produced. Dispersion in stripe width of face is actually reduced by very small extent of the mask width of face by the photolithography process. Moreover, since the level difference of etching is small, semiconductor laser equipment with a flat front face is easily realizable.

[0126] Although over-etching arises a little in the depth direction as an etching reagent when using the liquid of non-selectivity, such as a tartaric acid and a sulfuric-acid system When it embeds with the AIAs mixed-crystal ratio of 1st lightguide layer 5A and the AIAs mixed-crystal ratio of cladding layer 7A is made the same, effective-refractive-index difference  $\delta n_{\text{eff}}$  As long as etching has stopped within 1st lightguide layer 5A, it does not change, but the semiconductor laser equipment which has the same property with sufficient repeatability in lot-to-lot or a wafer side is obtained. In the 1st example, since the thickness of 1st lightguide layer 5A is set as 0.1 micrometers and it is carrying out by 10 times the thickness of 2nd lightguide layer 6A, even if it uses the etching reagent of non-selectivity, etching can be certainly suspended within 1st lightguide layer 5A.

[0127] Next, the principle of a current constriction is explained. The current constriction into a stripe field is easily realizable by embedding with 1st lightguide layer 5A, embedding the interfacial resistance between cladding layer 7A with 2nd lightguide layer 6A, embedding it with the interfacial resistance between cladding layer 7A, and 2nd lightguide layer 6A, and making it higher enough than the interfacial resistance between cladding layer 7A. In the 1st example, it has realized by making the AIAs mixed-crystal ratio of 1st lightguide layer 5A higher enough than the AIAs mixed-crystal ratio of 2nd lightguide layer 6A. That is, with the ingredient of a GaAIAs system, when a front face is exposed into atmospheric air so that an AIAs mixed-crystal ratio becomes high, many defective level resulting from oxidation of aluminum is introduced. Therefore, if re-growth is performed to the high semi-conductor substrate of an AIAs mixed-crystal ratio, the crystallinity

of the interface of re-growth will worsen and the resistance in this interface will essentially become high.

[0128] Drawing 3 shows the experimental result of the current-voltage characteristic over the AIAs mixed-crystal ratio of a semi-conductor substrate front face searched for by experiment. The semi-conductor substrate used for the experiment removes 2nd lightguide layer 6A in the semiconductor laser equipment shown in drawing 1, and changes the AIAs mixed-crystal ratio (Y1) of 1st lightguide layer 5A. namely, a 1st lightguide layer 5A top — MOCVD — re-growth by law is performed. It turns out with increase of an AIAs mixed-crystal ratio that an electrical potential difference becomes high. Especially, formation of a potential barrier is seen for an AIAs mixed-crystal ratio with a raise in resistance of an interface or more by 0.5, and a DIP is looked at by the standup of an electrical potential difference. Here, since the driver voltage of semiconductor laser is about 2V at most, a current will not flow in the field in which the DIP beyond it is formed. That is, in the 1st example, the current constriction into a stripe field is realized by setting the AIAs mixed-crystal ratio of 1st lightguide layer 5A to 0.5, and setting the AIAs mixed-crystal ratio of 2nd lightguide layer 6A to 0.2 using the above phenomenon. In order to perform current impregnation into a stripe field without the problem of an interface good at this time, as for the AIAs mixed-crystal ratio of 2nd lightguide layer 6A, it is desirable that it is 0.3 or less.

[0129] Since an interface forms 1st lightguide layer 5A into high resistance so that a mixed-crystal ratio is high so that clearly from drawing 3, the higher one of a mixed-crystal ratio can perform a current constriction certainly. However, when a mixed-crystal ratio is made not much high, there are bad influences, such as a rise of the oscillation threshold by a refractive index becoming small too much, the effect of the optical distribution on the perpendicular direction in a double heterojunction becoming large, the light of barrier layer 4A shutting up and a multiplier becoming small. Moreover, in order for the 1st lightguide layer 5A itself to form high resistance, the resistance in a stripe field also rises. If the mixed-crystal ratio of 1st lightguide layer 5A exceeds 0.7, specifically, implementation of the semiconductor laser of a good property will become difficult by the aforementioned bad influence.

[0130] Then, in order to prevent the aforementioned bad influence, performing a current constriction more certainly, it is desirable to form at least one-layer GaAIAs layer between 1st lightguide layer 5A and barrier layer 4A. That is, one GaAIAs layer is added to the bottom of 1st lightguide layer 5A, and the mixed-crystal ratio of the GaAIAs layer high [ more ] and added [ the mixed-crystal ratio of 1st lightguide layer 5A ] is set up low. For example, if the mixed-crystal ratio of the added GaAIAs layer is set to 0.5 while setting the mixed-crystal ratio of 1st lightguide layer 5A to 0.8, a more positive current constriction is realizable. The thickness of the GaAIAs layer added at this time can perform a current constriction certainly by the high mixed-crystal ratio of an interface, preventing the aforementioned bad influence by making it the thickness of extent (0.01 micrometers or less) which does not affect optical distribution. Although the mixed-crystal ratio of the added GaAIAs layer is set up here lower than 1st lightguide layer 5A, the mixed-crystal ratio comparable as cladding layer 3A usual from the need of confining a carrier in barrier layer 4A is required. That is, it is necessary to make it a mixed-crystal ratio which generally serves as forbidden-band width of face bigger 0.3eV or more than the forbidden-band width of face of barrier layer 4A.

[0131] In addition, it is also an effective approach to make it the same effectiveness, i.e., a high interfacial resistance value, and the thickness which does not affect optical distribution by carrying out the GaAIAs layer prepared between 1st lightguide layer 5A and barrier layer 4A more than two-layer, and combining the mixed-crystal ratio and thickness of each class suitably.

[0132] Moreover, the phenomenon mentioned above is seen, not only a GaAIAs system but the ingredient system containing other aluminum, for example, an InGaAlP system, and the same current constriction is possible for it.

[0133] Moreover, although only the case of the oxidation phenomenon of aluminum was explained, also in other semiconductor materials (the ingredient which does not contain aluminum, for example, an InP system, an InGaAsP system, ZnSe system), the same current constriction is realizable in the 1st example, by oxidizing compulsorily 1st lightguide layer 5A of the front face of the semi-conductor substrate 1. That is, after masking 2nd lightguide layer 6A in the shape of a stripe and etching it, it is, and before removing a mask, an oxidizing zone can be formed in the surface layer of the field which is in contact with embedding cladding layer 7A in 1st lightguide layer 5A by exposing 1st lightguide layer 5A into an oxygen ambient atmosphere, and oxidizing 1st lightguide layer 5A. If the vapor growth which is the crystal growth in non-equilibrium is used unlike the liquid phase grown method which is the crystal growth in a thermal equilibrium state, since the crystal grows in half-compulsion, crystal growth is possible also on the semi-conductor substrate 1 with which the oxide film was formed somewhat. Of course, also in the system containing aluminum, in order to embed with 1st lightguide layer 5A outside a stripe field, to make high interfacial resistance between cladding layer 7A and to make a current constriction into fitness more, vapor growth may be used. Stabilization between processes can be attained by this approach.

[0134] Moreover, in this structure, the current poured in from GaAs contact layer 8A of p mold is shut up in a stripe field, and the laser oscillation of 780nm band produces it in barrier layer 4A which consists of Ga<sub>0.85</sub>aluminum<sub>0.15</sub>As of the stripe field bottom. Moreover, it is a real refractive-index guided wave mold, and since there is also no scattering loss by the side face of a barrier layer being etched like BH structure, the small semiconductor laser equipment of the low operating current of an internal loss is obtained.

[0135] Furthermore, with this structure, by changing the thickness of each class, since it is possible, small formation of effective-refractive-index difference  $\Delta n$  can also extend a laser beam outside a stripe field, and can obtain the semiconductor laser equipment of a low noise easily by forming a spectrum into the many modes.

[0136] Drawing 4 shows the experimental result of the relation of the spectral characteristics and the structure parameter in the 1st example of this invention. In wavelength the band of 780nm, it turns out in the large field of the thickness (deca) of barrier layer 4A, and the thickness (dp) of 1st lightguide layer 5A that multimode oscillation is obtained. In this case, the thickness of 2nd lightguide layer 6A for making effective-refractive-index difference  $\Delta n$  small, and making it form into



the many modes is 10nm. By producing semiconductor laser equipment in such range, the semiconductor laser equipment of a low noise used for CD etc. is easily realizable.

[0137] however, every which can guide light — as an impurity often conventionally used for Ga<sub>0.5</sub>aluminum<sub>0.5</sub>As cladding layer 3A of n mold in a GaAlAs layer, i.e., the 1st example With a liquid phase grown method, Te is added, and when Se is added, the saturable absorption effectiveness is caused at metal-organic chemical vapor deposition (MOCVD law) by the optical consistency of the dominant mode which these impurities serve as DX pin center, large in GaAlAs, and is oscillated by several mW to dozens of mW. For this reason, a loss grating is formed to the standing wave of the dominant mode currently oscillated, and other modes other than the dominant mode currently oscillated are oppressed, and it results in raising single mode nature.

[0138] In order to solve this problem, in the 1st example, Si is added as an impurity on each class of GaAlAs which can guide light. A loss grating is hardly formed to the dominant mode to which light absorption is saturating for it and oscillating Si by the very low optical consistency since the activation energy of thermal capture of the carrier between DX center level in GaAlAs and a conduction band and emission differs from Te and Se. Therefore, there is no problem by which the many mode nature of a spectrum is spoiled, and low noise-ization becomes easy. It is effective, also in case using Si forms a spectrum into the many modes by RF superposition and low noise-ization is attained for the same reason. That is, although the approach of superimposing high frequency on the operating current and forming a spectrum into the many modes has been conventionally used in order to attain low noise-ization in the structure of the semiconductor laser equipment which enlarged effective refractive index difference  $\Delta n$  horizontal to junction, and made the spectrum of oscillation mode the single mode, compared with the case where it is Te and Se in which the loss grating is formed, a spectrum forms [ the direction of Si ] the many modes easily, and a low noise property can be realized.

[0139] Hereafter, based on drawing 5 (a), (b), and (c), the manufacture approach of the semiconductor laser equipment concerning the 1st example is explained.

[0140] As shown in drawing 5 (a), on semi-conductor substrate 1A of n mold which consists of GaAs first, with MOCVD or an MBE grown method Buffer layer 2A (thickness, 0.5 micrometers) of n mold which consists of GaAs, cladding layer 3A of n mold which consists of Ga<sub>0.5</sub>aluminum<sub>0.5</sub>As (in thickness) Barrier layer 4A which consists of 1.5 micrometers and Ga<sub>0.85</sub>aluminum<sub>0.15</sub>As (in thickness) Sequential formation of 1st lightguide layer 5A (thickness, 0.1 micrometers) of p mold which consists of 0.04 micrometers and Ga<sub>0.5</sub>aluminum<sub>0.5</sub>As, and the 2nd lightguide layer 6A (thickness, 20nm) of p mold which consists of Ga<sub>0.8</sub>aluminum<sub>0.2</sub>As is carried out. As an AlAs mixed-crystal ratio of 2nd lightguide layer 6A, re-growth carries out to 0.3 or less [ easy ], and it is desirable that it is a transparent mixed-crystal ratio to a laser beam. Even if it is very a film, it is because there is a possibility of producing absorption of a laser beam leading to generation of heat [ / near the barrier layer 4A ], and checking the high increase in power and reinforcement of semiconductor laser equipment. From this point, the value of 0.2 which is a value larger enough as an AlAs mixed-crystal ratio of 2nd lightguide layer 6A only from the design of effective-refractive-index difference  $\Delta n$  than 0.15 which is the AlAs mixed-crystal ratio of barrier layer 4A is used in the 1st example.

[0141] Here, thickness of barrier layer 4A and thickness of 1st lightguide layer 5A are made into the thickness it is thin to effective-refractive-index difference  $\Delta n = 5 \times 10^{-3}$  in order to obtain the stable single transverse mode. Although especially the conductivity type of barrier layer 4A is not indicated, it may be p mold, or may be n mold, or, of course, you may be undoping.

[0142] Next, as shown in drawing 5 (b), a stripe-like mesa is formed by etching using a photolithography technique. since the thickness of 1st lightguide layer 5A is 20nm, even if the depth of etching has side etch; at most, it comes out to that extent and is, and etching dispersion of a stripe field is hardly generated. When the design of stripe width of face is set to 2.0 micrometers, dispersion in the stripe width of face of the actually manufactured semiconductor laser equipment is set to  $\pm 0.1$  micrometers or less, and is remarkably reduced compared with  $\pm 0.3$ — $\pm 0.5$  micrometers of dispersion of the conventional semiconductor laser equipment shown in drawing 9 - drawing 12 .

[0143] In addition, in order to control the etching depth certainly, it is also desirable to use the etchant which etches alternatively only 2nd lightguide layer 6A with a low mixed-crystal ratio. Etching is certainly controllable by this approach on 1st lightguide layer 5A with a high mixed-crystal ratio. About the controllability of the stripe width of face in this case, since the depth of etching is very shallow, dispersion in the amount of side etch is small, and etching dispersion of stripe width of face is hardly produced. As an example of concrete etchant, the etchant by the suitable combination of the tartaric acid of an organic-acid system, a lactic acid, hydrogen peroxide solution, and water is mentioned.

[0144] Next, as shown in drawing 5 (c), sequential formation of the contact layer 8A of p mold which consists of embedding cladding layer 7A of the P type which consists of Ga<sub>0.5</sub>aluminum<sub>0.5</sub>As, and GaAs with MOCVD or an MBE grown method is carried out with a re-grown method. At this time, in the stripe field to which a current flows, since it becomes the growth on 2nd lightguide layer 6A which consists of Ga<sub>0.8</sub>aluminum<sub>0.2</sub>As of low p mold of an AlAs mixed-crystal ratio, it can grow up easily. However, when using Zn for the dopant of cladding layer 7A which consists of Ga<sub>0.5</sub>aluminum<sub>0.5</sub>As of p mold, an internal loss increases by diffusion under growth of Zn, and it may have a bad influence on the temperature characteristic in a current-optical output property. Especially, in the case of the barrier layer of quantum well structure, there is a problem which disordering of the quantum well by diffusion produces. In order to prevent this, at least, carrier concentration of the layer of p mold in a re-growth interface needed to be made or less [  $10^{18} \text{cm}^{-3}$  ] into three, and it was referred to as  $7 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$  in the \*\*\*\* 1 example.

[0145] It is desirable to use the carbon whose diffusion is few dopants for the dopant of cladding layer 7A which consists of Ga<sub>0.5</sub>aluminum<sub>0.5</sub>As of p mold as a fundamental cure. By using carbon as a dopant, the property which was excellent in temperature dependence in the current-optical output property can be acquired.

[0146] Next, an electrode is formed in contact layer 8A of p mold which consists of semi-conductor substrate 1A of n

mold which consists of GaAs, and GaAs, respectively.

[0147] In addition, although the AlAs mixed-crystal ratio of 2nd lightguide layer 6A is made larger than the AlAs mixed-crystal ratio of barrier layer 4A in order to make 2nd lightguide layer 6A into transparency to a laser beam, it may replace with this and you may make it be a degree in said 1st example. That is, while making the AlAs mixed-crystal ratio of 2nd lightguide layer 6A on a par with the AlAs mixed-crystal ratio of barrier layer 4A, and low, it can be made so thin that the quantum effectiveness produces the thickness of 2nd lightguide layer 6A, and can also be made transparency to a laser beam.

[0148] Drawing 6 shows a count result when 2nd lightguide layer 6A produces the quantum effectiveness. An axis of ordinate is the value which converted into wavelength the energy between bands obtained according to the quantum effectiveness of 2nd lightguide layer 6A. If thickness is 3nm or less even if 2nd lightguide layer 6A is GaAs ( $Y_2=0$ ) like said 1st example in semiconductor laser equipment at the time of the oscillation wavelength of 780nm, it turns out that 2nd lightguide layer 6A becomes transparent according to the quantum effectiveness. In this case, since the AlAs mixed-crystal ratio of 2nd lightguide layer 6A can be low set up compared with the 1st example of drawing 1, the crystallinity of the re-growth interface in a stripe field becomes fitness more, and can attain stabilization of a re-growth process. Moreover, the thickness of 2nd lightguide layer 6A becomes thin when [ this ] acquiring the quantum effectiveness, but since the AlAs mixed-crystal ratio of 2nd lightguide layer 6A is made quite low (a refractive index is ), effective-refractive-index difference  $\Delta n$  required for a refractive-index guide is securable.

[0149] Moreover, in said 1st example, although only the case where low GaAlAs of an AlAs mixed-crystal ratio was used for 2nd lightguide layer 6A was shown, GaAs and other ingredients which can carry out lattice matching are sufficient. However, in order to control light absorption, as for 2nd lightguide layer 6A, it is desirable to have larger forbidden-band width of face than the wavelength of a laser beam. For example, 2nd lightguide layer 6A which consists of  $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$  may be used. The same property is acquired at this time.

[0150] Moreover,  $\text{In}_{1-X}\text{Ga}_X\text{As}_Y\text{P}_{1-Y}$  Even if it uses 2nd becoming lightguide layer 6A, the same property as the above is acquired. In this case, in order to take GaAs and lattice matching, X and Y need to fill the relation of  $0.189Y - 0.418X + 0.013XY + 0.127 = 0$ .

[0151] Moreover, since the forbidden-band width of face of 2nd lightguide layer 6A needs to be larger than the energy (E) of the wavelength of a laser beam, it is desirable to satisfy the relation of  $1.35 + 0.672X - 1.601Y + 0.758X^2 + 0.101Y^2 - 0.157XY - 0.312X^2Y + 0.109XY^2 > E$ .

[0152] Moreover, 2nd lightguide layer 6A which consists of  $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}(\text{Ga}_{1-X}\text{Al}_X)\text{P}$  may be used. In this case, it is not concerned with X, but forbidden-band width of face becomes larger than the wavelength of a laser beam, and can also take lattice matching. However, since there is a problem of oxidation when X is too large, it is desirable that it is  $X < 0.3$ .

[0153] Furthermore, in order to attain the reduction in a threshold and high increase in power of semiconductor laser equipment, it is effective to use quantum well structure. That is, it is desirable to use quantum well structures, such as single KANTAMU well (SQW) structure, double KANTAMU well (DQW) structure, triple KANTAMU well (TQW) structure, green (GRIN) structure, or its separate confinement hetero structure (SCH) structure, for barrier layer 4A.

[0154] Drawing 7 (a) is the property Fig. of the current-optical output in the semiconductor laser equipment concerning the 1st example shown in drawing 1. As a result of performing coating of 10% of front end sides, and 75% of back end sides to semiconductor laser equipment of 400 micrometers of cavity length, the property with a threshold [ of 20mA ] and a slope effectiveness of 0.9mW [ /mA ] of the low consumed electric current was acquired. The transverse mode and the longitudinal mode were single modes stabilized in the wavelength of 780nm.

[0155] Hereafter, the low noise property in the semiconductor laser equipment concerning the 1st example is explained. Cavity length makes 32% 200 micrometers and an end-face reflection factor. For the reduction in a noise, they may be  $d_a = 0.04\text{micrometer}$  and  $d_p = 0.22\text{micrometer}$  from drawing 4. An operating current value required at a room temperature to emit a 3mW laser beam is 25mA. The transverse mode was oscillated by the stable basic mode. The spectrum is oscillated in the many modes which produce the self-pulsation of 780nm band, the value of the relative intensity noise (RIN) of -130 dB/Hz has been acquired within the limits of 0 - 10% of optical feedback ratio, and the low noise property was acquired.

[0156] Hereafter, the case where quantum well structure is used for barrier layer 4A for high-performance-izing of semiconductor laser equipment is explained. That is, by making barrier layer 4A into quantum well structure, a threshold can be reduced further and high power is obtained. Drawing 7 (b) shows the current-optical output property when using the multi-KANTAMU well (MQW) structure which consists of a five-layer barrier layer which consists of  $\text{Ga}_{0.7}\text{aluminum}_{0.3}\text{As}$  with a well layer of four layers which consists of  $\text{Ga}_{0.95}\text{aluminum}_{0.05}\text{As}$  with a thickness of 10nm which oscillates the laser beam of 780nm band as quantum well structure, and a thickness of 4nm. In the semiconductor laser equipment which performed to 400 micrometers of cavity length, and a front face 10%, and performed 75% of coating on the rear face, the optical output 200mW or more is realizable.

[0157] In addition, in said 1st example, although only the case where the thing of n mold was used as semi-conductor substrate 1A was shown, the thing of p mold may be used for semi-conductor substrate 1A. Conventionally, since a current block layer was used with structure, there was a limit by the diffusion length of a carrier, and since formation of the current block layer of p mold to diffusion length's long electron was difficult, by the vapor growth which forms a current block layer on a barrier layer, only the semi-conductor substrate of n mold was able to be used practical. This was an important problem from a viewpoint of the cost of the heat sink of semiconductor laser in the anticipated use which uses a package as a minus terminal. That is, in order that semiconductor laser may raise heat dissipation nature, the side which usually has the p-n junction which is the exoergic section is turned down, and it mounts on a heat sink, but a package will be added, unless the field mounted serves as p mold and a polarity is reversed in a heat sink, when a semi-conductor substrate is n mold. For this reason, the conventional heat sink needed to perform polarity reversals in Si heat

sink which attached the insulator layer, or the electrode pattern on SiC. For this reason, there was a fault which will become high [ in cost ] naturally. However, since the thing of p mold can be used for semi-conductor substrate 1A according to this invention, while the problem of said package is solvable, the semiconductor laser equipment of the high yield can be realized.

[0158] It explains referring to drawing 8 about the semiconductor laser equipment concerning the 2nd example of this invention hereafter. Barrier layer 4B consists of InGa<sub>N</sub>, and the semiconductor laser equipment concerning the 2nd example oscillates a blue laser beam.

[0159] As drawing 8 shows the cross-section structure of the semiconductor laser equipment concerning the 2nd example and shows it in this drawing Buffer layer 2B which consists of GaN on insulating substrate 1B which consists of sapphire. Cladding layer 3B which consists of the 2nd contact layer 9 which consists of GaN of n mold, and AlGa<sub>N</sub> of n mold, Contact layer 8 of \*\* 1st which consists of GaN of cladding layer 7B and p mold by embedding which consists of AlGa<sub>N</sub> of barrier layer 4B [ which consists of InGa<sub>N</sub> ], 1st lightguide layer 5B [ which consists of AlGa<sub>N</sub> of p mold ], 2nd lightguide layer 6B [ which consists of InGa<sub>N</sub> of p mold ], and p mold B is formed. An electrode is formed, respectively on the 2nd contact layer 9 exposed by 1st contact layer 8B and etching.

[0160] Hereafter, the production approach of the semiconductor laser equipment concerning said 2nd example is explained.

[0161] First, after forming buffer layer 2B which becomes the bottom of about 500-degree C low temperature from GaN by vapor growth on substrate 1B which consists of sapphire, sequential formation of the 2nd contact layer 9, cladding layer 3B, barrier layer 4B, 1st lightguide layer 5B, and the 2nd lightguide layer 6B is carried out by vapor growth under an elevated temperature 1000 degrees C or more. Next, after carrying out wet etching of the guide layer 6B of the 2nd light to the shape of a stripe, it embeds under an elevated temperature again on 1st lightguide layer 5B and 2nd lightguide layer 6B, and sequential formation of cladding layer 7B and the 1st contact layer 8B is carried out by vapor growth. Next, in order to expose the field which forms the electrode in the 2nd contact layer 9, etch, n mold electrode is formed on the 2nd exposed contact layer 9 until the 2nd contact layer 9 is exposed, and p mold electrode is formed on 1st contact layer 8B, respectively.

[0162] In addition, in \*\*\*\* 2 example, although sapphire was used as an ingredient which constitutes substrate 1B, it may replace with this and other ingredients, such as MgO, SiC, GaAs, and Si, may be used. Of course, in the future, if the substrate which consists of GaN is realized, it is desirable to use the substrate which consists of GaN.

[0163] Moreover, the thickness of each class of cladding layer 3B, barrier layer 4B, 1st lightguide layer 5B, and 2nd lightguide layer 6B is almost comparable as the case of the 1st example of the above-mentioned GaAlAs system.

[0164] Moreover, in crystal growth, since the difference of some lattice constants exists between each class, the layer which makes a lattice strain ease may be prepared between each class. It is desirable to specifically prepare a film to which the presentation is gradually changed between each class with vapor growth.

[0165] In the 2nd example shown in drawing 8, since 1st lightguide layer 5B is an ingredient containing aluminum, the defect accompanying the natural oxidation by exposing a front face into atmospheric air will be introduced into the front face. when it embedded with the re-grown method and cladding layer 7B was formed on 1st lightguide layer 5B which carried out natural oxidation, the interfacial resistance between 1st lightguide layer 5B and cladding layer 7B was formed on 2nd lightguide layer 6B which does not contain aluminum — embedding — cladding layer 7B — this — it becomes larger than the interfacial resistance between 2nd lightguide layer 6B. That is, the current poured in from 1st contact layer 8B can realize a current constriction, even if it will flow to barrier layer 4B and a current block layer does not exist, only by passing along 2nd lightguide layer 6B formed in the shape of a stripe. It is desirable to introduce the process which oxidizes the front face of 1st lightguide layer 5B in the field which does not exist 2nd lightguide layer 6B in a process here.

[0166] Moreover, the refractive index of 2nd lightguide layer 6B which consists of InGa<sub>N</sub> consists of AlGa<sub>N</sub>, is embedded, and since it is larger enough than the refractive index of cladding layer 7B, real refractive-index guided wave structure is acquired, and it can realize the semiconductor laser equipment of a single mode.

[0167] By the way, in case unlike the crystal of a GaAs system the crystal of the GaN system formed by the crystal growth method is a hexagonal crystal and is etched, it poses a problem. That is, unlike the case of the GaAs system which is a cubic, the etching side when carrying out wet etching to the shape of a stripe will not be formed in an order mesa configuration with the easy re-growth without irregularity, but a field with the convex followed very much will appear. It has irregularity. Thus, for the reasons of great loss of waveguide arising, if irregularity is in that a good crystal cannot grow on the field which has irregularity, and the stripe field which becomes a part of waveguide, it has a current block layer and etching was not able to use the layer of a GaN system for a required layer in the semiconductor laser equipment of structure conventionally [ need / about 1 micrometer / deep / to be etched ]. However, according to the 2nd example, the thickness of 2nd lightguide layer 6B is about 20nm, a stripe field can be formed by very shallow etching, and the irregularity formed in the side face of a stripe field hardly affects the process and property of semiconductor laser equipment.

[0168] As for 2nd lightguide layer 6B, it is desirable that it is transparent to the wavelength of the laser beam emitted from barrier layer 4B. It is because absorption of the laser beam in 2nd lightguide layer 6B serves as generation of heat [ / near the barrier layer 4B ] and a bad influence is done to the life of semiconductor laser equipment. Generally, forbidden-band width of face of 2nd lightguide layer 6B is made larger than the energy of wavelength. That is, it is made for the relation of  $X1 > X2$  to be materialized among  $X1$  and  $X2$  in each mixed-crystal ratio of 2nd lightguide layer 6B expressed with barrier layer 4B expressed with  $\text{In}X1\text{Ga}1-X1\text{N}$ , and  $\text{In}X2\text{Ga}1-X2\text{N}$ . However, even if it is  $X1 \leq X2$ , extent [ extent from which 2nd lightguide layer 6B becomes transparence to the energy of the wavelength of a laser beam even if it is the case where it is

set to  $X1 \leq X2$  ], i.e., when the thickness of 2nd lightguide layer 6B is thin to extent which does the quantum well effectiveness so, it does not interfere. In this case, the level difference in etching becomes still smaller, and a process becomes easier.

[0169] In addition, as an ingredient of 2nd lightguide layer 6B, it may not be restricted to InGaN, for example, AlGaN which is the same ingredient as embedding cladding layer 7B is sufficient. In this case, the difference in the lattice constant by the difference in an ingredient becomes small, crystal growth becomes easier, and a good crystal can be grown up. Moreover, since the AlGaN of forbidden-band width of face is larger than InGaN, 2nd lightguide layer 6B always becomes transparency to a laser beam. However, since the refractive index of 2nd lightguide layer 6B embeds and to be larger than the refractive index of cladding layer 7B is demanded in order to acquire real refractive-index guided wave structure. It is necessary to form the relation of  $Z3 > Z2$  among  $Z2$  and  $Z3$  in each mixed-crystal ratio of embedding cladding layer 7B expressed with 2nd lightguide layer 6B expressed with  $\text{AlZ2Ga1-Z2N}$ , and  $\text{AlZ3Ga1-Z3N}$ .

[0170] Moreover, for a current constriction, it is desirable that scaling of the direction of 1st lightguide layer 5B is easy to be carried out rather than 2nd lightguide layer 6B. For this reason, the mixed-crystal ratio of the 1st lightguide layer expressed with  $\text{AlZ1Ga1-Z1N}$  is set to  $Z1 > Z2$ .

[0171] Furthermore, the semiconductor laser equipment which oscillates the blue laser beam of high power with a low threshold more is realizable by making barrier layer 4B into quantum well structure. As the structure, structures, such as single KANTAMU well (SQW) structure, double KANTAMU well (DQW) structure, triple KANTAMU well (TQW) structure, green (GRIN) structure, or its separate confinement hetero structure (SCH) structure, are used for the well layer and barrier layer of quantum well structure using InN or InGaN.

[0172] Also in this case, one with desirable 2nd lightguide layer 6B being transparent to the wavelength of a laser beam is the same as that of the above. Moreover, when 2nd lightguide layer 6B is formed by AlGaN, in order to acquire real refractive-index guided wave structure and a current constriction device, the same is said of the aforementioned relation being the need between each mixed-crystal ratio of 1st lightguide layer 5B, 2nd lightguide layer 6B, and embedding cladding layer 7B.

[0173]

[Effect of the Invention] According to the semiconductor laser equipment concerning invention of claim 1, since the interfacial resistance between the 1st semi-conductor layer and the 3rd semi-conductor layer is larger than any of the interfacial resistance between the 1st semi-conductor layer and the 2nd semi-conductor layer, and the interfacial resistance between the 2nd semi-conductor layer and the 3rd semi-conductor layer, Even if it does not form a current block layer, the constriction of the current can be carried out to a stripe field by the 2nd thin and uniform semi-conductor layer formed, for example of vapor growth. Therefore, since deep etching for forming a current block layer becomes unnecessary and formation of a stripe field is attained by shallow etching for forming the 2nd semi-conductor layer, dispersion in stripe width of face becomes remarkably small, and the semiconductor laser equipment of the real refractive-index guided wave mold of a low operating current value can be realized to low cost and the high yield.

[0174] Especially this invention is very effective when deep etching produces the semiconductor laser equipment of the GaN system which is a difficult hexagonal ingredient. The ingredient of a GaN system has wide forbidden-band width of face, and since it is applied to the semiconductor laser equipment which oscillates a blue laser beam, the laser light source of the pickup to the high density optical disk which records Hi-Vision image information etc. becomes realizable by this invention.

[0175] Moreover, the semiconductor laser equipment which operates by low current is the optimal as a laser light source containing a compact disk for all optical disks. Especially reduction of an operating current value brings about reduction of the calorific value of the laser mounting section, and becomes usable [ a smaller and lightweight heat sink ]. Consequently, conventionally, resinification of the laser package which was a metal can be realized and a large miniaturization and low-cost-izing of a pickup can be attained.

[0176] Since interfacial resistance between the 1st semi-conductor layer and the 3rd semi-conductor layer can be enlarged simply according to the semiconductor laser equipment concerning invention of claim 2, the semiconductor laser equipment of claim 1 is certainly [ easily and ] realizable.

[0177] According to the semiconductor laser equipment of the GaAlAs system concerning invention of claim 3, since the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer is larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer, even if it does not form a current block layer, thickness can carry out the constriction of the current to a stripe field by the 2nd thin lightguide layer. For this reason, since deep etching for forming a current block layer becomes unnecessary like invention of claim 1 and dispersion in stripe width of face becomes small, the semiconductor laser equipment of the real refractive-index guided wave mold of a low operating current value is realizable for low cost and the high yield.

[0178] Since according to the semiconductor laser equipment of the GaAlAs system concerning invention of claims 4-6 it is transparent and generation of heat [ / near the barrier layer ] does not produce the 2nd lightguide layer to the wavelength of the laser beam oscillated by the barrier layer, the high increase in power and reinforcement of semiconductor laser equipment can be attained.

[0179] Since interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer can be enlarged simply according to the semiconductor laser equipment of the GaAlAs system concerning invention of claim 7, the semiconductor laser equipment of claim 3 is certainly [ easily and ] realizable.

[0180] Since according to the semiconductor laser equipment of the GaAlAs system concerning invention of claims 8-10 it is transparent and generation of heat [ / near the barrier layer ] does not produce the 2nd lightguide layer to the

wavelength of the laser beam oscillated by the barrier layer while being able to enlarge simply interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer and being able to realize the semiconductor laser equipment of claim 3 easily and certainly, the high increase in power and reinforcement of semiconductor laser equipment can be attained.

[0181] While according to the semiconductor laser equipment of the GaAlAs system containing the barrier layer which has the quantum well structure concerning invention of claim 11 deep etching for forming a current block layer becomes unnecessary like invention of claim 3 and dispersion in stripe width of face becomes small, the semiconductor laser equipment of the real refractive-index guided wave mold of high power is further realizable for low cost and the high yield with a low operating current value with the effectiveness of the barrier layer which has quantum well structure.

[0182] According to the semiconductor laser equipment of the GaAlAs system containing the barrier layer which has the quantum well structure concerning invention of claims 12-14, according to the effectiveness of the barrier layer which has quantum well structure, since generation of heat [ / near the barrier layer ] does not arise, the 2nd lightguide layer can attain the further high increase in power and the reinforcement of semiconductor laser equipment, while it is transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by the barrier layer.

[0183] Since interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer can be enlarged simply according to the semiconductor laser equipment of the GaAlAs system containing the barrier layer which has the quantum well structure concerning invention of claim 15, the semiconductor laser equipment of claim 11 is certainly [ easily and ] realizable.

[0184] According to the semiconductor laser equipment of the GaAlAs system containing the barrier layer which has the quantum well structure concerning invention of claims 16-18, according to the effectiveness of the barrier layer which has quantum well structure, since generation of heat [ / near the barrier layer ] does not arise, the 2nd lightguide layer can attain the further high increase in power and the reinforcement of semiconductor laser equipment, while it is transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by the barrier layer.

[0185] According to the semiconductor laser equipment of the GaN system concerning invention of claim 19, since the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer is larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer, even if it does not form a current block layer, the constriction of the current can be carried out to a stripe field by the 2nd lightguide layer of film thickness. For this reason, since deep etching for forming a current block layer becomes unnecessary like invention of claim 1 and dispersion in stripe width of face becomes small, the semiconductor laser equipment of the real refractive-index guided wave mold of a low operating current value is realizable for low cost and the high yield.

[0186] Since according to the semiconductor laser equipment of the GaN system concerning invention of claims 20-22 it is transparent and generation of heat [ / near the barrier layer ] does not produce the 2nd lightguide layer to the wavelength of the laser beam oscillated by the barrier layer, the high increase in power and reinforcement of semiconductor laser equipment can be attained.

[0187] Since interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer can be enlarged simply according to the semiconductor laser equipment of the GaN system concerning invention of claim 23, the semiconductor laser equipment of claim 21 is certainly [ easily and ] realizable.

[0188] Since interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer can be enlarged simply according to the semiconductor laser equipment of the GaN system concerning invention of claims 24-26, the semiconductor laser equipment of claim 21 is certainly [ easily and ] realizable, and since it is transparent and generation of heat [ / near the barrier layer ] does not arise to the wavelength of the laser beam oscillated by the barrier layer, the 2nd lightguide layer can attain the high increase in power and reinforcement of semiconductor laser equipment.

[0189] According to the semiconductor laser equipment of the GaN system concerning invention of claim 27, since the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer is larger than any of the interfacial resistance between the 1st lightguide layer and the 2nd lightguide layer, and the interfacial resistance between the 2nd lightguide layer and a cladding layer, even if it does not form a current block layer, the constriction of the current can be carried out to a stripe field by the 2nd lightguide layer of film thickness. For this reason, since deep etching for forming a current block layer becomes unnecessary like invention of claim 1 and dispersion in stripe width of face becomes small, the semiconductor laser equipment of the real refractive-index guided wave mold of a low operating current value is realizable for low cost and the high yield. Furthermore, since it is transparent and generation of heat [ / near the barrier layer ] does not produce the 2nd lightguide layer to the wavelength of the laser beam oscillated by the barrier layer, the high increase in power and reinforcement of semiconductor laser equipment can be attained.

[0190] Since interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer can be enlarged simply according to the semiconductor laser equipment of the GaN system concerning invention of claim 28, the semiconductor laser equipment of claim 27 is certainly [ easily and ] realizable.

[0191] Since deep etching for forming a current block layer becomes unnecessary like invention of claim 3 according to the semiconductor laser equipment of the GaN system containing the barrier layer which has the quantum well structure concerning invention of claim 29, while dispersion in stripe width of face becomes small, the real refractive-index guided wave mold semiconductor laser equipment of high power is further realizable for low cost and the high yield with a low operating current value with the effectiveness of the barrier layer which has quantum well structure.

[0192] According to the semiconductor laser equipment of the GaN system containing the barrier layer which has the quantum well structure concerning invention of claims 30-32, the 2nd lightguide layer is transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by the barrier layer, and according to the effectiveness of the barrier layer which has quantum well structure, since generation of heat [ / near the barrier layer ] does not arise, it can attain the further high increase in

power and the reinforcement of semiconductor laser equipment.

[0193] Since interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer can be enlarged simply according to the semiconductor laser equipment of the GaN system containing the barrier layer which has the quantum well structure concerning invention of claim 33, the semiconductor laser equipment of claim 29 is certainly [ easily and ] realizable.

[0194] According to the semiconductor laser equipment of the GaN system containing the barrier layer which has the quantum well structure concerning invention of claims 34-36, according to the effectiveness of the barrier layer which has quantum well structure, since generation of heat [ / near the barrier layer ] does not arise, the 2nd lightguide layer can attain the further high increase in power and the reinforcement of semiconductor laser equipment, while it is transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by the barrier layer.

[0195] Since deep etching for forming a current block layer becomes unnecessary like invention of claim 3 according to the semiconductor laser equipment of the GaN system containing the barrier layer which has the quantum well structure concerning invention of claim 37, while dispersion in stripe width of face becomes small, the real refractive-index guided wave mold semiconductor laser equipment of high power is further realizable for low cost and the high yield with a low operating current value with the effectiveness of the barrier layer which has quantum well structure. Furthermore, according to the effectiveness of the barrier layer which has quantum well structure, since generation of heat [ / near the barrier layer ] does not arise, the 2nd lightguide layer can attain the further high increase in power and the reinforcement of semiconductor laser equipment, while it is transparent to the wavelength of the laser beam oscillated by the barrier layer.

[0196] Since interfacial resistance between the 1st lightguide layer and a cladding layer can be enlarged simply according to the semiconductor laser equipment of the GaN system containing the barrier layer which has the quantum well structure concerning invention of claim 38, the semiconductor laser equipment of claim 37 is certainly [ easily and ] realizable.

[0197] after forming the 2nd lightguide layer on the 1st lightguide layer according to the manufacture approach of the semiconductor laser equipment concerning invention of claim 39 — this, in order to etch the 2nd lightguide layer into stripe geometry The 2nd stripe-like lightguide layer can be formed on the 1st lightguide layer. Moreover, on the 2nd lightguide layer which consists of the 1st lightguide layer which consists of Ga1-Y1AlY1As, and Ga1-Y2AlY2As In order to form a cladding layer so that it may consist of Ga1-Y3AlY3As and the relation of  $Y3 > Y2$  may be realized among Y2 and Y3 of said AlAs mixed-crystal ratio of Ga1-Y2AlY2As and Ga1-Y3AlY3As, Since the refractive index of the 2nd lightguide layer can be made larger than a cladding layer, an effective-refractive-index difference is formed within and without a stripe field, and the semiconductor laser which performs the stable single longitudinal-mode oscillation can be manufactured certainly.

[0198] Since it has the process which oxidizes the surface layer of the field in which the 2nd lightguide layer in the 1st lightguide layer is not formed according to the manufacture approach of the semiconductor laser equipment concerning invention of claim 40, the semiconductor laser equipment which has an oxide film in the surface layer of the field which is in contact with the cladding layer in the 1st lightguide layer, and is obtained by invention of claim 39 can be formed certainly.

[0199] after forming the 2nd lightguide layer on the 1st lightguide layer according to the manufacture approach of the semiconductor laser equipment concerning invention of claim 41 — this, in order to etch the 2nd lightguide layer into stripe geometry The 2nd stripe-like lightguide layer can be formed on the 1st lightguide layer. Moreover, in order to form the cladding layer which consists of AlGaIn on the 2nd lightguide layer which consists of the 1st lightguide layer and AlGaIn which consist of InGaIn, Since the refractive index of the 2nd lightguide layer can be made larger than the refractive index of a cladding layer, an effective-refractive-index difference is formed within and without a stripe field, and the semiconductor laser equipment which performs the stable single transverse mode oscillation can be manufactured certainly.

[0200] Since it has the process which oxidizes the surface layer of the field in which the 2nd lightguide layer in the 1st lightguide layer is not formed according to the manufacture approach of the semiconductor laser equipment concerning invention of claim 42, the semiconductor laser equipment which has an oxide film in the surface layer of the field which is in contact with the cladding layer in the 1st lightguide layer, and is manufactured by invention of claim 41 is obtained certainly.

[0201] after forming the 2nd lightguide layer on the 1st lightguide layer according to the manufacture approach of the semiconductor laser equipment concerning invention of claim 43 — this, in order to etch the 2nd lightguide layer into stripe geometry The 2nd stripe-like lightguide layer can be formed on the 1st lightguide layer. Moreover, on the 2nd lightguide layer which consists of the 1st lightguide layer which consists of AlZ1Ga1-Z1N, and AlZ2Ga1-Z2N AlZ3Ga1-Z3N — becoming — said every (AlZ2Ga1-Z2N and AlZ3Ga1-Z3N), in order to form a cladding layer so that the relation of  $Z3 > Z2$  may be materialized among Z2 and Z3 of a GaN mixed-crystal ratio Since the refractive index of the 2nd lightguide layer can be made larger than the refractive index of a cladding layer, an effective-refractive-index difference is formed within and without a stripe field, and the semiconductor laser which performs the stable single transverse mode oscillation can be manufactured certainly.

[0202] Since it has the process which oxidizes the surface layer of the field in which the 2nd lightguide layer in the 1st lightguide layer is not formed according to the manufacture approach of the semiconductor laser equipment concerning invention of claim 44, the semiconductor laser equipment which has an oxide film in the surface layer of the field which is in contact with the cladding layer in the 1st lightguide layer, and is manufactured by invention of claim 43 is obtained certainly.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

## [Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] It is the sectional view of the semiconductor laser equipment concerning the 1st example of this invention.
- [Drawing 2] It is drawing showing an example of the numerical calculation result of the internal and external effective-refractive-index difference ( $\Delta n$ ) of the stripe field in the semiconductor laser equipment concerning said 1st example.
- [Drawing 3] It is drawing showing the experimental result of the relation of the current-voltage characteristic over the AlAs mixed-crystal ratio of the semi-conductor substrate in the semiconductor laser equipment concerning said 1st example.
- [Drawing 4] It is drawing showing the experimental result of the relation of the spectral characteristics and the structure parameter in the semiconductor laser equipment concerning said 1st example.
- [Drawing 5] It is the sectional view showing each process of the manufacture approach of the semiconductor laser equipment concerning said 1st example.
- [Drawing 6] It is drawing showing the count result of energy in case the 2nd lightguide layer of the semiconductor laser equipment concerning said 1st example has the quantum well effectiveness.
- [Drawing 7] It is drawing showing the current-optical output property in the semiconductor laser equipment concerning said 1st example.
- [Drawing 8] It is the sectional view of the semiconductor laser equipment concerning the 2nd example of this invention.
- [Drawing 9] It is the sectional view of conventional semiconductor laser equipment.
- [Drawing 10] It is the sectional view of conventional semiconductor laser equipment.
- [Drawing 11] It is the sectional view of conventional semiconductor laser equipment.
- [Drawing 12] It is the sectional view of conventional semiconductor laser equipment.
- [Drawing 13] It is the sectional view of conventional semiconductor laser equipment.

## [Description of Notations]

- 1A The semi-conductor substrate of n mold which consists of GaAs
- 2A The buffer layer of n mold which consists of GaAs
- 3A The cladding layer of n mold which consists of Ga<sub>0.5</sub> aluminum<sub>0.5</sub> As
- 4A The barrier layer which consists of Ga<sub>0.85</sub>aluminum<sub>0.15</sub>As
- 5A The 1st lightguide layer of p mold which consists of Ga<sub>0.5</sub> aluminum<sub>0.5</sub> As
- 6A The 2nd lightguide layer of p mold which consists of Ga<sub>0.8</sub> aluminum<sub>0.2</sub> As
- 7A The embedding cladding layer of p mold which consists of Ga<sub>0.5</sub> aluminum<sub>0.5</sub> As
- 8A The contact layer of p mold which consists of GaAs
- 1B The substrate which consists of sapphire
- 2B The buffer layer which consists of GaN
- 3B The cladding layer of n mold which consists of AlGaIn
- 4B The barrier layer which consists of InGaIn
- 5B The 1st lightguide layer of p mold which consists of AlGaIn
- 6B The 2nd lightguide layer of p mold which consists of AlGaIn
- 7B The embedding cladding layer of p mold which consists of AlGaIn
- 8B The contact layer of p mold which consists of GaN
- 9 2nd Contact Layer of N Mold Which Consists of GaN
- 11 Semi-conductor Substrate of N Mold Which Consists of GaAs
- 12 Cladding Layer of N Mold Which Consists of GaAlAs
- 13 Barrier Layer Which Consists of GaAlAs
- 14 1st Cladding Layer of P Mold Which Consists of GaAlAs
- 15 Current Block Layer of N Mold Which Consists of GaAs
- 15a Stripe field
- 16A The 2nd cladding layer of p mold which consists of GaAlAs
- 16B The cladding layer of p mold which consists of GaAlAs
- 17 Contact Layer of P Mold Which Consists of GaAs
- 18 Cap Layer of P Mold Which Consists of GaAs
- 19 Dielectric Film
- 20 Embedding Quantity Resistive Layer
- 21 Zinc Diffusion Field



22 Lightguide Layer of N Mold Which Consists of GaAlAs  
23 Current Block Layer of N Mold Which Consists of GaAlAs

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-83954

(43) 公開日 平成8年(1996)3月26日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数44 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願平7-66002

(22) 出願日 平成7年(1995)3月24日

(31) 優先権主張番号 特願平6-68545

(32) 優先日 平6(1994)4月6日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平6-161998

(32) 優先日 平6(1994)7月14日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005843

松下電子工業株式会社

大阪府高槻市幸町1番1号

(72) 発明者 内藤 浩樹

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

(72) 発明者 桑 雅博

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

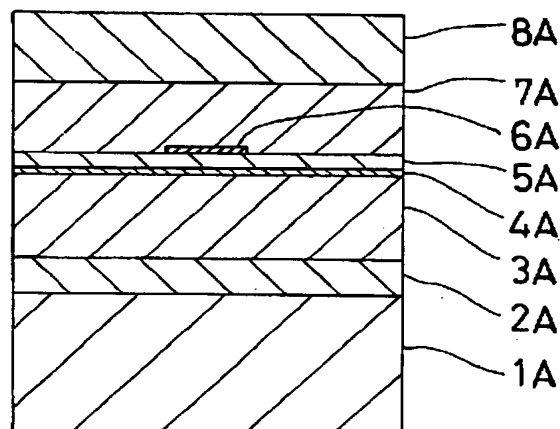
(74) 代理人 弁理士 前田 弘 (外2名)

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 光情報処理等の光源として用いられる低動作電流値の実屈折率導波型の半導体レーザ装置の歩留まりを向上させる。

【構成】 n型の半導体基板1の上にバッファ層2及びクラッド層3が形成され、クラッド層3の上にGa<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>Asよりなる活性層4が形成されている。活性層の上にGa<sub>1-y<sub>1</sub></sub>Al<sub>y<sub>1</sub></sub>Asよりなるn型の第1の光ガイド層5が形成され、第1の光ガイド層5の上にGa<sub>1-y<sub>2</sub></sub>Al<sub>y<sub>2</sub></sub>Asよりなるn型の第2の光ガイド層6がストライプ状に形成されている。第1の光ガイド層5及び第2の光ガイド層6の上には、Ga<sub>1-y<sub>3</sub></sub>Al<sub>y<sub>3</sub></sub>Asよりなるn型のクラッド層7が形成され、第1の光ガイド層5とクラッド層7との間の界面抵抗は、第1の光ガイド層5と第2の光ガイド層6との間の界面抵抗及び第2の光ガイド層5とクラッド層7との間の界面抵抗のいずれよりも大きい。活性層4、第1及び第2の光ガイド層5、6並びにクラッド層7の各混晶比のX、Y<sub>1</sub>、Y<sub>2</sub>及びY<sub>3</sub>の間にY<sub>3</sub>>Y<sub>2</sub>及びY<sub>1</sub>>X≥0の関係が成り立っている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 屈折率が  $n_1$  である活性層の上方に屈折率が  $n_{r1}$  である一導電型の第 1 の半導体層が形成され、前記第 1 の半導体層の上に該第 1 の半導体層に接して屈折率が  $n_{r2}$  である一導電型の第 2 の半導体層がストライプ状に形成され、前記第 1 の半導体層および第 2 の半導体層の上に該第 1 の半導体層および第 2 の半導体層に接して屈折率が  $n_{r3}$  である一導電型の第 3 の半導体層が形成され、前記活性層、第 1 の半導体層、第 2 の半導体層および第 3 の半導体層は、第 1 の半導体層と第 3 の半導体層との間の界面抵抗が第 1 の半導体層と第 2 の半導体層との間の界面抵抗および第 2 の半導体層と第 3 の半導体層との間の界面抵抗のいずれよりも大きくなり、活性層の屈折率  $n_1$  が第 1 の半導体層の屈折率  $n_{r1}$  よりも大きくかつ第 2 の半導体層の屈折率  $n_{r2}$  が第 3 の半導体層の屈折率  $n_{r3}$  よりも大きくなるように形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】 前記第 1 の半導体層における前記第 3 の半導体層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 3】  $Ga_{1-x}Al_xAs$  よりなる活性層の上方に  $Ga_{1-r1}Al_{r1}As$  よりなる一導電型の第 1 の光ガイド層が形成され、前記第 1 の光ガイド層の上に該第 1 の光ガイド層に接して  $Ga_{1-r2}Al_{r2}As$  よりなる一導電型の第 2 の光ガイド層がストライプ状に形成され、前記第 1 の光ガイド層および第 2 の光ガイド層の上に該第 1 の光ガイド層および第 2 の光ガイド層に接して  $Ga_{1-r3}Al_{r3}As$  よりなる一導電型のクラッド層が形成され、前記活性層、第 1 の光ガイド層、第 2 の光ガイド層およびクラッド層は、第 1 の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が第 1 の光ガイド層と第 2 の光ガイド層との間の界面抵抗および第 2 の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きくなり、各混晶比の  $X$ 、 $Y_1$ 、 $Y_2$  および  $Y_3$  の間に  $Y_3 > Y_2$ 、 $Y_1 > X \geq 0$  の関係が成立するように形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 4】 前記第 2 の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 5】 前記活性層および第 2 の光ガイド層は、各混晶比の  $X$  および  $Y_2$  の間に  $Y_2 > X$  の関係が成立するように形成されていることを特徴とする請求項 4 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 6】 前記活性層および第 2 の光ガイド層は、各混晶比の  $X$  および  $Y_2$  の間に  $X \geq Y_2 \geq 0$  の関係が成立し、第 2 の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されていることを特徴とする請求項 4 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 7】 前記第 1 の光ガイド層における前記クラ

ッド層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 8】 前記第 2 の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であることを特徴とする請求項 7 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 9】 前記活性層および第 2 の光ガイド層は、各混晶比の  $X$  および  $Y_2$  の間に  $Y_2 > X$  の関係が成立するように形成されていることを特徴とする請求項 8 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 10】 前記活性層および第 2 の光ガイド層は、各混晶比の  $X$  および  $Y_2$  の間に  $X \geq Y_2 \geq 0$  の関係が成立し、第 2 の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されていることを特徴とする請求項 8 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 11】 量子井戸構造を有する活性層の上方に  $Ga_{1-r1}Al_{r1}As$  よりなる一導電型の第 1 の光ガイド層が形成され、前記第 1 の光ガイド層の上に該第 1 の光ガイド層に接して  $Ga_{1-r2}Al_{r2}As$  よりなる一導電型の第 2 の光ガイド層がストライプ状に形成され、前記第 1 の光ガイド層および第 2 の光ガイド層の上に該第 1 の光ガイド層および第 2 の光ガイド層に接して  $Ga_{1-r3}Al_{r3}As$  よりなる一導電型のクラッド層が形成され、前記活性層、第 1 の光ガイド層、第 2 の光ガイド層およびクラッド層は、第 1 の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が、第 1 の光ガイド層と第 2 の光ガイド層との間の界面抵抗および第 2 の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きくなり、第 2 の光ガイド層およびクラッド層の各混晶比の  $Y_2$  および  $Y_3$  の間に  $Y_3 > Y_2$  の関係が成立するように形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 12】 前記第 2 の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であることを特徴とする請求項 11 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 13】 前記第 2 の光ガイド層は、その禁制帯幅が前記活性層により発振されるレーザ光の波長を吸収しない大きさになるように形成されていることを特徴とする請求項 12 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 14】 前記第 2 の光ガイド層は、該第 2 の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されていることを特徴とする請求項 12 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 15】 前記第 1 の光ガイド層における前記クラッド層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されていることを特徴とする請求項 11 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 16】 前記第 2 の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であることを特徴とする請求項 15 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 17】 前記第 2 の光ガイド層は、その禁制帯

3

幅が前記活性層により発振されるレーザ光の波長を吸収しない大きさになるように形成されていることを特徴とする請求項16に記載の半導体レーザ装置。

【請求項18】 前記第2の光ガイド層は、該第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されていることを特徴とする請求項16に記載の半導体レーザ装置。

【請求項19】  $\text{In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{N}$ よりなる活性層の上方に $\text{AlGaIn}$ よりなる一導電型の第1の光ガイド層が形成され、該第1の光ガイド層の上に該第1の光ガイド層に接して $\text{In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{N}$ よりなる一導電型の第2の光ガイド層がストライプ状に形成され、前記第1の光ガイド層および第2の光ガイド層の上に該第1の光ガイド層および第2の光ガイド層に接して $\text{AlGaIn}$ よりなる一導電型のクラッド層が形成され、前記活性層、第1の光ガイド層、第2の光ガイド層およびクラッド層は、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が第1の光ガイド層と第2の光ガイド層との間の界面抵抗および第2の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きくなるように形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項20】 前記第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であることを特徴とする請求項19に記載の半導体レーザ装置。

【請求項21】 前記活性層および第2の光ガイド層は、各混晶比の $X1$ および $X2$ の間に $X1 > X2$ の関係が成立するように形成されていることを特徴とする請求項20に記載の半導体レーザ装置。

【請求項22】 前記活性層および第2の光ガイド層は、各混晶比の $X1$ および $X2$ の間に $X2 \geq X1 \geq 0$ の関係が成立し、第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されていることを特徴とする請求項20に記載の半導体レーザ装置。

【請求項23】 前記第1の光ガイド層における前記クラッド層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されていることを特徴とする請求項19に記載の半導体レーザ装置。

【請求項24】 前記第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であることを特徴とする請求項23に記載の半導体レーザ装置。

【請求項25】 前記活性層および第2の光ガイド層は、各混晶比の $X1$ および $X2$ の間に $X1 > X2$ の関係が成立するように形成されていることを特徴とする請求項24に記載の半導体レーザ装置。

【請求項26】 前記活性層および第2の光ガイド層は、各混晶比の $X1$ および $X2$ の間に $X2 \geq X1 \geq 0$ の関係が成立し、第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されていることを特徴とする請求項24に記載の半導体レーザ装置。

【請求項27】  $\text{In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{N}$ よりなる活性層の上

4

方に $\text{Al}_{1-x1}\text{Ga}_{x1-x1}\text{N}$ よりなる一導電型の第1の光ガイド層が形成され、前記第1の光ガイド層の上に該第1の光ガイド層に接して $\text{Al}_{1-x2}\text{Ga}_{x2-x2}\text{N}$ よりなる一導電型の第2の光ガイド層がストライプ状に形成され、前記第1の光ガイド層および第2の光ガイド層の上に該第1の光ガイド層および第2の光ガイド層に接して $\text{Al}_{1-x3}\text{Ga}_{x3-x3}\text{N}$ よりなる一導電型のクラッド層が形成され、前記活性層、第1の光ガイド層、第2の光ガイド層およびクラッド層は、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が第1の光ガイド層と第2の光ガイド層との間の界面抵抗および第2の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きくなり、各混晶比の $X1$ 、 $Z1$ 、 $Z2$ および $Z3$ の間に $X1 \geq 0$ 、 $Z1 > Z2$ および $Z3 > Z2$ の関係が成立するように形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項28】 前記第1の光ガイド層における前記クラッド層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されていることを特徴とする請求項27に記載の半導体レーザ装置。

【請求項29】 量子井戸構造を有する活性層の上方に $\text{AlGaIn}$ よりなる一導電型の第1の光ガイド層が形成され、前記第1の光ガイド層の上に該第1の光ガイド層に接して $\text{InGaIn}$ よりなる一導電型の第2の光ガイド層がストライプ状に形成され、前記第1の光ガイド層および第2の光ガイド層の上に該第1の光ガイド層および第2の光ガイド層に接して $\text{AlGaIn}$ よりなる一導電型のクラッド層が形成され、前記活性層、第1の光ガイド層、第2の光ガイド層およびクラッド層は、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が第1の光ガイド層と第2の光ガイド層との間の界面抵抗および第2の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きくなるように形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項30】 前記第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であることを特徴とする請求項29に記載の半導体レーザ装置。

【請求項31】 前記第2の光ガイド層は、その禁制帯幅が前記活性層により発振されるレーザ光の波長を吸収しない大きさになるように形成されていることを特徴とする請求項30に記載の半導体レーザ装置。

【請求項32】 前記第2の光ガイド層は、該第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されていることを特徴とする請求項30に記載の半導体レーザ装置。

【請求項33】 前記第1の光ガイド層における前記クラッド層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されていることを特徴とする請求項29に記載の半導体レーザ装置。

【請求項34】 前記第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であること

5

を特徴とする請求項 3 3 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 3 5】 前記第 2 の光ガイド層は、その禁制帯幅が前記活性層により発振されるレーザ光の波長を吸収しない大きさになるように形成されていることを特徴とする請求項 3 4 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 3 6】 前記第 2 の光ガイド層は、該第 2 の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されていることを特徴とする請求項 3 4 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 3 7】 量子井戸構造を有する活性層の上方に  $Al_{1-z_1}Ga_{1-z_1}N$  よりなる一導電型の第 1 の光ガイド層が形成され、前記第 1 の光ガイド層の上に該第 1 の光ガイド層に接して  $Al_{1-z_2}Ga_{1-z_2}N$  よりなる一導電型の第 2 の光ガイド層がストライプ状に形成され、前記第 1 の光ガイド層および第 2 の光ガイド層の上に該第 1 の光ガイド層および第 2 の光ガイド層に接して  $Al_{1-z_3}Ga_{1-z_3}N$  よりなる一導電型のクラッド層が形成され、前記活性層、第 1 の光ガイド層、第 2 の光ガイド層およびクラッド層は、第 1 の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が第 1 の光ガイド層と第 2 の光ガイド層との間の界面抵抗および第 2 の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きくなり、第 2 の光ガイド層と前記クラッド層の各混晶比の  $Z_2$  および  $Z_3$  の間に  $Z_3 > Z_2$  の関係が成立するように形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 3 8】 前記第 1 の光ガイド層における前記クラッド層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されていることを特徴とする請求項 3 7 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 3 9】 半導体基板上に活性層を形成する工程と、該活性層の上方にエピタキシャル成長法によって  $Ga_{1-y_1}Al_{y_1}As$  よりなる一導電型の第 1 の光ガイド層を形成する工程と、該第 1 の光ガイド層の上に  $Ga_{1-y_2}Al_{y_2}As$  よりなる一導電型の第 2 の光ガイド層を形成する工程と、該第 2 の光ガイド層をストライプ構造になるようにエッチングする工程と、前記第 1 の光ガイド層および第 2 の光ガイド層の上にエピタキシャル成長法によって  $Ga_{1-y_3}Al_{y_3}As$  よりなり前記  $Ga_{1-y_2}Al_{y_2}As$  および  $Ga_{1-y_1}Al_{y_1}As$  の各混晶比の  $Y_2$  および  $Y_3$  の間に  $Y_3 > Y_2$  の関係が成り立つように一導電型のクラッド層を形成する工程とを備えたことを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 4 0】 半導体基板上に活性層を形成する工程と、該活性層の上方にエピタキシャル成長法によって  $Ga_{1-y_1}Al_{y_1}As$  よりなる一導電型の第 1 の光ガイド層を形成する工程と、該第 1 の光ガイド層の上に  $Ga_{1-y_2}Al_{y_2}As$  よりなる一導電型の第 2 の光ガイド層を形成する工程と、該第 2 の光ガイド層をストライプ構造になるようにエッチングする工程と、前記第 1 の光ガイド層における前記第 2 の光ガイド層に接していない領域の表

6

面層を酸化する工程と、前記第 1 の光ガイド層および第 2 の光ガイド層の上にエピタキシャル成長法によって  $Ga_{1-y_3}Al_{y_3}As$  よりなり前記  $Ga_{1-y_2}Al_{y_2}As$  および  $Ga_{1-y_1}Al_{y_1}As$  の各混晶比の  $Y_2$  および  $Y_3$  の間に  $Y_3 > Y_2$  の関係が成り立つように一導電型のクラッド層を形成する工程とを備えたことを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 4 1】 半導体基板上に活性層を形成する工程と、該活性層の上方にエピタキシャル成長法によって  $AlGaIn$  よりなる一導電型の第 1 の光ガイド層を形成する工程と、該第 1 の光ガイド層の上に  $InGaIn$  よりなる一導電型の第 2 の光ガイド層を形成する工程と、該第 2 の光ガイド層をストライプ構造になるようにエッチングする工程と、前記第 1 の光ガイド層および第 2 の光ガイド層の上にエピタキシャル成長法によって  $AlGaIn$  よりなる一導電型のクラッド層を形成する工程とを備えたことを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 4 2】 半導体基板上に活性層を形成する工程と、該活性層の上方にエピタキシャル成長法によって  $AlGaIn$  よりなる一導電型の第 1 の光ガイド層を形成する工程と、該第 1 の光ガイド層の上に  $InGaIn$  よりなる一導電型の第 2 の光ガイド層を形成する工程と、該第 2 の光ガイド層をストライプ構造になるようにエッチングする工程と、前記第 1 の光ガイド層における前記第 2 の光ガイド層に接していない領域の表面層を酸化する工程と、前記第 1 の光ガイド層および第 2 の光ガイド層の上にエピタキシャル成長法によって  $AlGaIn$  よりなる一導電型のクラッド層を形成する工程とを備えたことを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 4 3】 半導体基板上に活性層を形成する工程と、該活性層の上方にエピタキシャル成長法によって  $Al_{1-z_1}Ga_{1-z_1}N$  よりなる一導電型の第 1 の光ガイド層を形成する工程と、該第 1 の光ガイド層の上に  $Al_{1-z_2}Ga_{1-z_2}N$  よりなる一導電型の第 2 の光ガイド層を形成する工程と、該第 2 の光ガイド層をストライプ構造になるようにエッチングする工程と、前記第 1 の光ガイド層および第 2 の光ガイド層の上にエピタキシャル成長法によって  $Al_{1-z_3}Ga_{1-z_3}N$  よりなり前記  $Al_{1-z_2}Ga_{1-z_2}N$  および  $Al_{1-z_1}Ga_{1-z_1}N$  の各混晶比の  $Z_2$  および  $Z_3$  の間に  $Z_3 > Z_2$  の関係が成立するように一導電型のクラッド層を形成する工程とを備えたことを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 4 4】 半導体基板上に活性層を形成する工程と、該活性層の上方にエピタキシャル成長法によって  $Al_{1-z_1}Ga_{1-z_1}N$  よりなる一導電型の第 1 の光ガイド層を形成する工程と、該第 1 の光ガイド層の上に  $Al_{1-z_2}Ga_{1-z_2}N$  よりなる一導電型の第 2 の光ガイド層を形成する工程と、該第 2 の光ガイド層をストライプ構造になるようにエッチングする工程と、前記第 1 の光ガイド層における前記第 2 の光ガイド層に接していない領域の表面層

を酸化する工程と、前記第1の光ガイド層および第2の光ガイド層の上にエピタキシャル成長法によって  $Al_{1-z}Ga_{1-z}N$  よりなり前記  $Al_{1-z}Ga_{1-z}N$  および  $Al_{1-z}Ga_{1-z}N$  の各混晶比の  $Z_2$  および  $Z_3$  の間に  $Z_3 > Z_2$  の関係が成立するように一導電型のクラッド層を形成する工程とを備えたことを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光情報処理等の光源として好適な、高歩留まりの低動作電流の実屈折率導波型半導体レーザ装置およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】以下、従来の半導体レーザ装置について説明する。

【0003】光通信、光ディスクなどの情報処理用の光源には、単一モードの光源が要求されるため、屈折率導波構造の半導体レーザが使用される。特に、近年は、結晶成長法として膜厚均一性の良い気相成長法を用いて形成した半導体レーザ装置が主流である。

【0004】以下、気相成長法により実現可能な従来の屈折率導波型の素子構造を有する半導体レーザ装置について説明する。図9～図13は、代表的な従来の屈折率導波型の半導体レーザ装置の断面模式図である。尚、同図においては、半導体基板の上下面に形成される電極層は省略している。

【0005】図9は、CDをはじめとする光ディスクへの応用において使用されている半導体レーザ装置である(JJAP, vol. 24, p. L89(1985). を参照)。図9に示すように、ガリウムヒ素 ( $GaAs$ ) よりなるn型の半導体基板11の上にガリウムアルミヒ素 ( $GaAlAs$ ) よりなるn型のクラッド層12が形成され、クラッド層12の上に  $GaAlAs$  よりなる活性層13が形成され、活性層13の上に  $GaAlAs$  よりなるp型の第1クラッド層14が形成され、第1のクラッド層14の上における電流チャンネルとなるストライプ領域15a以外の部分には電流狭窄のための  $GaAs$  よりなるn型の電流ブロック層15が形成され、第1クラッド層14および電流ブロック層15の上には再成長法により  $GaAlAs$  よりなるp型の第2クラッド層16Aが形成され、第2のクラッド層16Aの上には  $GaAs$  よりなるp型のコンタクト層17が形成されている。

【0006】この構造の半導体レーザ装置においては、コンタクト層17から注入される電流は、電流ブロック層15の存在により、ストライプ領域15a内に有効に閉じ込められ、ストライプ領域15aの下側の活性層13においてレーザ発振が生じる。このとき、電流ブロック層15の禁制帯幅はレーザ光の波長のエネルギーよりも小さいため、ストライプ領域15a以外のレーザ光は電流ブロック層15に吸収されるので、レーザ光はスト

ライプ領域15a内に有効に閉じ込められ、単一モードのレーザ発振が得られる。

【0007】図10に示す半導体レーザ装置においては、n型の半導体基板11の上に  $GaAlAs$  よりなるn型のクラッド層12が形成され、クラッド層12の上に  $GaAlAs$  よりなる活性層13が形成され、活性層13の上にストライプ状のクラッド層16Bが形成され、クラッド層16B上におけるストライプ領域以外の領域に電流ブロック層15が形成され、クラッド層16B上におけるストライプ領域の上に  $GaAs$  よりなるp型のキャップ層18が形成され、電流ブロック層15およびキャップ層18の上に  $GaAs$  よりなるp型のコンタクト層17が形成されている。

【0008】図10に示す半導体レーザ装置の基本的な動作原理は、図9の半導体レーザ装置と同様であり、電流ブロック層15の存在により、電流およびレーザ光がストライプ領域内に閉じ込められ、単一モードのレーザ発振が得られる(JJAP, vol. 25, p. L498(1986). 参照)。

【0009】図11に示す半導体レーザ装置は、図10に示す半導体レーザ装置を単純にした構造のものであり、電流ブロック層15が形成されていないリッジ導波構造(SPIE, vol. 1043, p. 61(1989))を有している。ここで、図11における19は誘電体膜である。図11に示す半導体レーザ装置は、表面が平坦でないため、へき開時にクラックが発生したり、熱抵抗が高くなる等の問題があり、量産化されておらず、表面を平坦にした図10に示す構造のものが広く用いられている。すなわち、電流ブロック15層は、半導体レーザ装置の表面を平坦にし、量産性を高めるという効果も有している。

【0010】また、近年では、 $GaAlAs$  電流ブロック層を用いた実屈折率導波型の半導体レーザも開発されている(特開昭62-73687)。この構造によると、電流ブロック層の屈折率をクラッド層の屈折率よりも低く形成することにより、レーザ光をストライプ領域内に閉じ込めているので、レーザ光を電流ブロック層15の光吸収により閉じ込めている図9および図10に示す構造のものと異なり、内部損失の小さい低動作電流の単一モードの半導体レーザ装置が得られる。

【0011】図12は、光通信の分野等において応用されている埋め込みヘテロ(BH)構造の半導体レーザ装置を示している(IEEE, J. Quantum Electron., QE-16, p. 205(1980)参照)。図12において、20は埋め込み高抵抗層であり、21は亜鉛拡散領域である。図12に示す半導体レーザ装置においては、活性層13の両側の側面の埋め込み高抵抗層20が電流ブロック層として作用し、レーザ光は活性層13と埋め込み高抵抗層20との間の屈折率差により、ストライプ領域内に急峻に閉じ込められる。急峻な光の閉じ込めは、活性層13における光密度を増大させるため、この構造は高出力を得るには

不適當であり、一般に低出力の半導体レーザ装置に適用される。

【0012】図13は、クラッド層12の上に光ガイド層22を形成し、該光ガイド層22の上にストライプ状の活性層13を形成した従来例である(IEEE, J. Quantum Electron., QE-15, p. 451(1979) 参照)。この構造の半導体レーザ装置によると、活性層13をストライプ状にエッチングする際に活性層13が大気中に露出されてしまうため、信頼性の低下を生じさせるという欠点を有している。また、GaAlAsよりなる電流ブロック層23が成長層の最上面に形成されているため、電流の広がりが大きく、しきい値が高くなるという問題があり、実用化に至っていない。

【0013】一方、マルチメディアに対応する高密度の情報記録用の光源として青色のレーザ光を発振する半導体レーザ装置が必要とされている。しかしながら、青色のレーザ光を発振する実用的な半導体レーザ装置はいまだに実現に至っていない。

【0014】この半導体レーザ装置を実現する材料の一つとして、例えば活性層をInGaNとするGaN系の半導体材料が注目されている。しかしながら、GaN系の半導体材料はGaAsなどに比べて、原子間の結合力が強いことエッチングが困難である。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】以上説明したように、従来構造の半導体レーザ装置は、電流ブロック層を用いて、電流およびレーザ光をストライプ内に閉じ込める構造であるため、半導体レーザ装置を製造する際に、電流ブロック層をストライプ状にエッチングする工程又は電流ブロック層をストライプ領域外に選択的に形成する工程が、必要不可欠である。

【0016】電流を阻止するために必要な電流ブロック層の厚さとしては、電子又は正孔に対する拡散長程度が必要であるから、GaAsよりなるn型の電流ブロック層の場合には0.5~1 $\mu$ m程度の厚さが必要であり、GaAsよりなるp型の電流ブロック層の場合には2~3 $\mu$ mの厚さが必要である。半導体レーザ装置を製造する際には、電流ブロック層は薄いほど製造が容易なため、電流ブロック層にはn型が用いられており、n型の電流ブロック層の形成のためには1 $\mu$ m程度の深さのストライプ領域のエッチングが必要となるが、深いエッチングはエッチング後のストライプ幅のばらつきによる歩留まりの低下をもたらす。エッチング後のストライプ幅は、実屈折率導波構造の場合には、例えば $2 \pm 0.2 \mu$ m程度に制御する必要があるが、ストライプ幅により直接的に光分布が影響される半導体レーザ装置においては、ストライプ幅の制御は非常に重要である。

【0017】ストライプ幅の制御の問題は、深さ方向のエッチングを安定して行なうために、エッチング停止層を設けて選択エッチングを行なう場合に特に問題とな

る。例えば、図9において、電流ブロック層15を選択的にエッチングできるエッチング液を用いたとしても、電流ブロック層15の膜厚が大きい場合には、その膜厚のばらつきも大きいため、電流ブロック層15における除去する領域がすべて除去されるまでの時間におけるサイドエッチによりストライプ幅が大きくばらついてしまうからである。

【0018】具体的には、電流ブロック層15の膜厚の面内のばらつきが $\pm 10\%$ であった場合、電流ブロック層15の膜厚は $1 \pm 0.1 \mu$ mとなり、サイドエッチと深さ方向のエッチレートとが同一であったとしても、サイドエッチによるストライプ幅のばらつきは $\pm 0.2 \mu$ mとなる。実際には、さらに、マスク幅のフォトリソグラフィ工程によるばらつきが前記のばらつきに加算されるために、前記の設計例における $2 \pm 0.2 \mu$ mは満足できないことになり、歩留まりの低下を引き起こすという問題がある。

【0019】図10の構造のように、電流ブロック層15をストライプ領域外に選択的に形成する場合においても、p型のクラッド層16Bを1 $\mu$ mの膜厚にエッチングする工程は必要であり、ストライプ幅の制御の困難性は前記と同様である。すなわち、電流ブロック層15が必要である限り、深いエッチングによるストライプ幅の制御の問題は避けられない。もっとも、図9の構造において、第1のクラッド層14の上に電流ブロック層15を選択的に成長させる方法が製造方法としては考えられるが、そのためには、選択成長前に選択成長のためのマスクとしての窒化膜等の誘電体膜をストライプ領域内の第1のクラッド層14の上にプラズマCVD等の方法により形成し、選択成長後にリアクティブイオンエッチング等の方法により前記誘電体膜を除去する工程が必要である。この場合には、活性層13の発光領域近傍の第1のクラッド層14に多大の結晶欠陥が導入されてしまうという問題および製造方法が複雑になる問題があるので実現には至っていない。

【0020】一方、青色のレーザ光を出射する半導体レーザ装置を実現する材料の一つとして、例えば活性層をInGaNにより形成するGaN系の半導体材料が注目されている。しかしながら、GaN系の半導体はGaAsなどに比べて原子間の結合力が強いことエッチングが困難な材料であり、このことが一つの原因となって半導体レーザ装置の内部の導波路の形成には、結晶にダメージを与えないウエットエッチング法によるエッチングが必要であるが、この際に用いるエッチング液に適当なものが見つからない。

【0021】仮に、適当なエッチング液が存在したとしても、エピタキシャル成長されたGaNの結晶は、GaAs系等の立方晶系の結晶とは異なり、一般に六方晶系であり、前記従来の構造に必要な深いエッチングを施し

た場合には、エッチング面は平面でなくなり、導波路の損失は多大なものになるため、レーザ発振は望めないという問題がある。このため、エッチングを行なうにしてもきわめて浅いエッチングしか許容されないという制限がある。

【0022】本発明は、前記従来の半導体レーザ装置の欠点に鑑み、電流ブロック層を用いることなく、表面が平坦な単一モードの半導体レーザ装置を容易かつ確実に実現すること、特に青色のレーザ光を出射する半導体レーザ装置を容易に実現することを目的とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】前記の目的を達成するため、本発明は、ストライプ領域を低抵抗にすると共にストライプ領域以外の領域を高抵抗にして、ストライプ領域にのみ電流が流れる構造にすることにより、電流ブロック層が存在しないにも拘らず屈折率導波構造を有する半導体レーザ装置を実現するものである。

【0024】請求項1の発明が講じた解決手段は、半導体レーザ装置を、屈折率が $n_1$ である活性層の上方に屈折率が $n_{r1}$ である一導電型の第1の半導体層が形成され、前記第1の半導体層の上に該第1の半導体層に接して屈折率が $n_{r2}$ である一導電型の第2の半導体層がストライプ状に形成され、前記第1の半導体層および第2の半導体層の上に該第1の半導体層および第2の半導体層に接して屈折率が $n_{r3}$ である一導電型の第3の半導体層が形成され、前記活性層、第1の半導体層、第2の半導体層および第3の半導体層は、第1の半導体層と第3の半導体層との間の界面抵抗が、第1の半導体層と第2の半導体層との間の界面抵抗および第2の半導体層と第3の半導体層との間の界面抵抗のいずれよりも大きくなり、活性層の屈折率 $n_1$ が第1の半導体層の屈折率 $n_{r1}$ よりも大きくかつ第2の半導体層の屈折率 $n_{r2}$ が第3の半導体層の屈折率 $n_{r3}$ よりも大きくなるように形成されている構成とするものである。

【0025】請求項2の発明は、請求項1の構成に、前記第1の半導体層における前記第3の半導体層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されているという構成を付加するものである。

【0026】請求項3の発明が講じた解決手段は、半導体レーザ装置を、 $Ga_{1-x}Al_xAs$ よりなる活性層の上方に $Ga_{1-y1}Al_{y1}As$ よりなる一導電型の第1の光ガイド層が形成され、前記第1の光ガイド層の上に該第1の光ガイド層に接して $Ga_{1-y2}Al_{y2}As$ よりなる一導電型の第2の光ガイド層がストライプ状に形成され、前記第1の光ガイド層および第2の光ガイド層の上に該第1の光ガイド層および第2の光ガイド層に接して $Ga_{1-y3}Al_{y3}As$ よりなる一導電型のクラッド層が形成され、前記活性層、第1の光ガイド層、第2の光ガイド層およびクラッド層は、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が第1の光ガイド層と第2の光ガイド層

との間の界面抵抗および第2の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きくなり、各混晶比の $X$ 、 $Y_1$ 、 $Y_2$ および $Y_3$ の間に $Y_3 > Y_2$ 、 $Y_1 > X \geq 0$ の関係が成立するように形成されている構成とするものである。

【0027】請求項4の発明は、請求項3の構成に、前記第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるという構成を付加するものである

10 請求項5の発明は、請求項4の構成に、前記活性層および第2の光ガイド層は、各混晶比の $X$ および $Y_2$ の間に $Y_2 > X$ の関係が成立するように形成されているという構成を付加するものである。

【0028】請求項6の発明は、請求項4の構成に、前記活性層および第2の光ガイド層は、各混晶比の $X$ および $Y_2$ の間に $X \geq Y_2 \geq 0$ の関係が成り立ち、第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されているという構成を付加するものである。

20 【0029】請求項7の発明は、請求項3の構成に、前記第1の光ガイド層における前記クラッド層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されているという構成を付加するものである。

【0030】請求項8の発明は、請求項7の構成に、前記第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるという構成を付加するものである

30 請求項9の発明は、請求項8の構成に、前記活性層および第2の光ガイド層は、各混晶比の $X$ および $Y_2$ の間に $Y_2 > X$ の関係が成立するように形成されているという構成を付加するものである。

【0031】請求項10の発明は、請求項8の構成に、前記活性層および第2の光ガイド層は、各混晶比の $X$ および $Y_2$ の間に $X \geq Y_2 \geq 0$ の関係が成り立ち、第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されているという構成を付加するものである。

40 【0032】請求項11の発明が講じた解決手段は、半導体レーザ装置を、量子井戸構造を有する活性層の上方に $Ga_{1-y1}Al_{y1}As$ よりなる一導電型の第1の光ガイド層が形成され、前記第1の光ガイド層の上に該第1の光ガイド層に接して $Ga_{1-y2}Al_{y2}As$ よりなる一導電型の第2の光ガイド層がストライプ状に形成され、前記第1の光ガイド層および第2の光ガイド層の上に該第1の光ガイド層および第2の光ガイド層に接して $Ga_{1-y3}Al_{y3}As$ よりなる一導電型のクラッド層が形成され、前記活性層、第1の光ガイド層、第2の光ガイド層および前記クラッド層は、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が第1の光ガイド層と第2の光ガイド層との間の界面抵抗および第2の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きくなり、第2の光ガイド層およびクラッド層の各混晶比の $Y_2$ および $Y_3$



13

の間に  $Y_3 > Y_2$  の関係を成立するように形成されている構成とするものである。

【0033】請求項12の発明は、請求項11の構成に、前記第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるという構成を付加するものである。

【0034】請求項13の発明は、請求項12の構成に、前記第2の光ガイド層は、その禁制帯幅が前記活性層により発振されるレーザ光の波長を吸収しない大きさになるように形成されている構成を付加するものである。

【0035】請求項14の発明は、請求項12の構成に、前記第2の光ガイド層は、該第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されているという構成を付加するものである。

【0036】請求項15の発明は、請求項11の構成に、前記第1の光ガイド層における前記クラッド層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されているという構成を付加するものである。

【0037】請求項16の発明は、請求項15の構成に、前記第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるという構成を付加するものである。

請求項17の発明は、請求項16の構成に、前記第2の光ガイド層は、その禁制帯幅が前記活性層により発振されるレーザ光の波長を吸収しない大きさになるように形成されている構成を付加するものである。

【0038】請求項18の発明は、請求項16の構成に、前記第2の光ガイド層は、該第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されているという構成を付加するものである。

【0039】請求項19の発明が講じた解決手段は、半導体レーザ装置を、 $In_{x1}Ga_{1-x1}N$ よりなる活性層の上方に $AlGaIn$ よりなる一導電型の第1の光ガイド層が形成され、前記第1の光ガイド層の上に該第1の光ガイド層と接して $In_{x2}Ga_{1-x2}N$ よりなる一導電型の第2の光ガイド層がストライプ状に形成され、前記第1の光ガイド層および第2の光ガイド層の上に該第1の光ガイド層および第2の光ガイド層に接して $AlGaIn$ よりなる一導電型のクラッド層が形成され、前記活性層、第1の光ガイド層、第2の光ガイド層およびクラッド層は、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が第1の光ガイド層と第2の光ガイド層との間の界面抵抗および第2の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きくなるように形成されている構成とするものである。

【0040】請求項20の発明は、請求項19の構成に、前記第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるという構成を付加するものである。

14

請求項21の発明は、請求項20の構成に、前記活性層および第2の光ガイド層は、各混晶比の $X_1$ および $X_2$ の間に $X_1 > X_2$ の関係が成立するように形成されているという構成を付加するものである。

【0041】請求項22の発明は、請求項20の構成に、前記活性層および第2の光ガイド層は、各混晶比の $X_1$ および $X_2$ の間に $X_2 \geq X_1 \geq 0$ の関係が成り立ち、第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されているという構成を付加するものである。

【0042】請求項23の発明は、請求項19の構成に、前記第1の光ガイド層における前記クラッド層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されているという構成を付加するものである。

【0043】請求項24の発明は、請求項23の構成に、前記第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるという構成を付加するものである。

請求項25の発明は、請求項24の構成に、前記活性層および第2の光ガイド層は、各混晶比の $X_1$ および $X_2$ の間に $X_1 > X_2$ の関係が成立するように形成されているという構成を付加するものである。

【0044】請求項26の発明は、請求項24の構成に、前記活性層および第2の光ガイド層は、各混晶比の $X_1$ および $X_2$ の間に $X_2 \geq X_1 \geq 0$ の関係が成り立ち、第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されているという構成を付加するものである。

【0045】請求項27の発明が講じた解決手段は、半導体レーザ装置を、 $In_{x1}Ga_{1-x1}N$ よりなる活性層の上方に $Al_{z1}Ga_{1-z1}N$ よりなる一導電型の第1の光ガイド層が形成され、前記第1の光ガイド層の上に該第1の光ガイド層に接して $Al_{z2}Ga_{1-z2}N$ よりなる一導電型の第2の光ガイド層がストライプ状に形成され、前記第1の光ガイド層および第2の光ガイド層の上に該第1の光ガイド層および第2の光ガイド層に接して $Al_{z3}Ga_{1-z3}N$ よりなる一導電型のクラッド層が形成され、前記活性層、第1の光ガイド層、第2の光ガイド層およびクラッド層は、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が第1の光ガイド層と第2の光ガイド層との間の界面抵抗および第2の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きくなり、各混晶比の $X_1$ 、 $Z_1$ 、 $Z_2$ および $Z_3$ の間に $X_1 \geq 0$ 、 $Z_1 > Z_2$ および $Z_3 > Z_2$ の関係が成立するように形成されている構成とするものである。

【0046】請求項28の発明は、請求項27の構成に、前記第1の光ガイド層における前記クラッド層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されているという構成を付加するものである。

【0047】請求項29の発明が講じた解決手段は、半導体レーザ装置を、量子井戸構造を有する活性層の上方に $AlGaIn$ よりなる一導電型の第1の光ガイド層が形

15

成され、前記第1の光ガイド層の上に該第1の光ガイド層に接して  $\text{InGaIn}$  よりなる一導電型の第2の光ガイド層がストライプ状に形成され、前記第1の光ガイド層および第2の光ガイド層の上に該第1の光ガイド層および第2の光ガイド層に接して  $\text{AlGaIn}$  よりなる一導電型のクラッド層が形成され、前記活性層、第1の光ガイド層、第2の光ガイド層および前記クラッド層は、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が第1の光ガイド層と第2の光ガイド層との間の界面抵抗および第2の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きくなるように形成されている構成とするものである。

【0048】請求項30の発明は、請求項29の構成に、前記第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるという構成を付加するものである。

【0049】請求項31の発明は、請求項30の構成に、前記第2の光ガイド層は、その禁制帯幅が前記活性層により発振されるレーザ光の波長を吸収しない大きさになるように形成されている構成を付加するものである。

【0050】請求項32の発明は、請求項30の構成に、前記第2の光ガイド層は、該第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されているという構成を付加するものである。

【0051】請求項33の発明は、請求項29の構成に、前記第1の光ガイド層における前記クラッド層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されているという構成を付加するものである。

【0052】請求項34の発明は、請求項33の構成に、前記第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるという構成を付加するものである。

請求項35の発明は、請求項34の構成に、前記第2の光ガイド層は、その禁制帯幅が前記活性層により発振されるレーザ光の波長を吸収しない大きさになるように形成されている構成を付加するものである。

【0053】請求項36の発明は、請求項34の構成に、前記第2の光ガイド層は、該第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されているという構成を付加するものである。

【0054】請求項37の発明が講じた解決手段は、半導体レーザ装置を、量子井戸構造を有する活性層の上方に  $\text{Al}_{1-z_1}\text{Ga}_{1-z_1}\text{N}$  よりなる一導電型の第1の光ガイド層が形成され、前記第1の光ガイド層の上に該第1の光ガイド層に接して  $\text{Al}_{1-z_2}\text{Ga}_{1-z_2}\text{N}$  よりなる一導電型の第2の光ガイド層がストライプ状に形成され、前記第1の光ガイド層および第2の光ガイド層の上に該第1の光ガイド層および第2の光ガイド層に接して  $\text{Al}_{1-z_3}\text{Ga}_{1-z_3}\text{N}$  よりなる一導電型のクラッド層が形成され、前記

16

活性層、第1の光ガイド層、第2の光ガイド層および前記クラッド層は、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が、第1の光ガイド層と第2の光ガイド層との間の界面抵抗および第2の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きくなり、第2の光ガイド層および前記クラッド層の各混晶比の間に  $z_3 > z_2$  の関係が成立するように形成されている構成とするものである。

【0055】請求項38の発明は、請求項37の構成に、前記第1の光ガイド層における前記クラッド層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されているという構成を付加するものである。

【0056】請求項39の発明は、半導体レーザ装置の製造方法を、半導体基板上に活性層を形成する工程と、該活性層の上方にエピタキシャル成長法によって  $\text{Ga}_{1-y_1}\text{Al}_{y_1}\text{As}$  よりなる一導電型の第1の光ガイド層を形成する工程と、該第1の光ガイド層の上に  $\text{Ga}_{1-y_2}\text{Al}_{y_2}\text{As}$  よりなる一導電型の第2の光ガイド層を形成する工程と、該第2の光ガイド層をストライプ構造になるようにエッチングする工程と、前記第1の光ガイド層および第2の光ガイド層の上にエピタキシャル成長法によって  $\text{Ga}_{1-y_3}\text{Al}_{y_3}\text{As}$  よりなり前記  $\text{Ga}_{1-y_2}\text{Al}_{y_2}\text{As}$  および  $\text{Ga}_{1-y_3}\text{Al}_{y_3}$  の各混晶比の  $Y_2$  および  $Y_3$  の間に  $Y_3 > Y_2$  の関係が成立するように一導電型のクラッド層を形成する工程とを備えた構成とするものである。

【0057】請求項40の発明は、半導体レーザ装置の製造方法を、半導体基板上に活性層を形成する工程と、該活性層の上方にエピタキシャル成長法によって  $\text{Ga}_{1-y_1}\text{Al}_{y_1}\text{As}$  よりなる一導電型の第1の光ガイド層を形成する工程と、該第1の光ガイド層の上に  $\text{Ga}_{1-y_2}\text{Al}_{y_2}\text{As}$  よりなる一導電型の第2の光ガイド層を形成する工程と、該第2の光ガイド層をストライプ構造になるようにエッチングする工程と、前記第1の光ガイド層における前記第2の光ガイド層に接していない領域の表面層を酸化する工程と、前記第1の光ガイド層および第2の光ガイド層の上にエピタキシャル成長法によって  $\text{Ga}_{1-y_3}\text{Al}_{y_3}\text{As}$  よりなり前記  $\text{Ga}_{1-y_2}\text{Al}_{y_2}\text{As}$  および  $\text{Ga}_{1-y_3}\text{Al}_{y_3}$  の各混晶比の  $Y_2$  および  $Y_3$  の間に  $Y_3 > Y_2$  の関係が成立するように一導電型のクラッド層を形成する工程とを備えた構成とするものである。

【0058】請求項41の発明は、半導体レーザ装置の製造方法を、半導体基板上に活性層を形成する工程と、該活性層の上方にエピタキシャル成長法によって  $\text{AlGaIn}$  よりなる一導電型の第1の光ガイド層を形成する工程と、該第1の光ガイド層の上に  $\text{InGaIn}$  よりなる一導電型の第2の光ガイド層を形成する工程と、該第2の光ガイド層をストライプ構造になるようにエッチングする工程と、前記第1の光ガイド層および第2の光ガイド層の上にエピタキシャル成長法によって  $\text{AlGaIn}$  より

17

なる一導電型のクラッド層を形成する工程とを備えた構成とするものである。

【0059】請求項42の発明は、半導体レーザ装置の製造方法を、半導体基板上に活性層を形成する工程と、該活性層の上方にエピタキシャル成長法によってAlGaInよりなる一導電型の第1の光ガイド層を形成する工程と、該第1の光ガイド層の上にInGaInよりなる一導電型の第2の光ガイド層を形成する工程と、該第2の光ガイド層をストライプ構造になるようにエッチングする工程と、前記第1の光ガイド層における前記第2の光ガイド層に接していない領域の表面層を酸化する工程と、前記第1の光ガイド層および第2の光ガイド層の上にエピタキシャル成長法によってAlGaInよりなる一導電型のクラッド層を形成する工程とを備えた構成とするものである。

【0060】請求項43の発明は、半導体レーザ装置の製造方法を、半導体基板上に活性層を形成する工程と、該活性層の上方にエピタキシャル成長法によって $Al_{1-z_1}Ga_{1-z_1}N$ よりなる一導電型の第1の光ガイド層を形成する工程と、該第1の光ガイド層の上に $Al_{1-z_2}Ga_{1-z_2}N$ よりなる一導電型の第2の光ガイド層を形成する工程と、該第2の光ガイド層をストライプ構造になるようにエッチングする工程と、前記第1の光ガイド層および第2の光ガイド層の上にエピタキシャル成長法によって $Al_{1-z_3}Ga_{1-z_3}N$ よりなり前記 $Al_{1-z_2}Ga_{1-z_2}N$ および $Al_{1-z_3}Ga_{1-z_3}N$ の各混晶比の $Z_2$ および $Z_3$ の間に $Z_3 > Z_2$ の関係が成立するように一導電型のクラッド層を形成する工程とを備えた構成とするものである。

【0061】請求項44の発明は、半導体レーザ装置の製造方法を、半導体基板上に活性層を形成する工程と、該活性層の上方にエピタキシャル成長法によって $Al_{1-z_1}Ga_{1-z_1}N$ よりなる一導電型の第1の光ガイド層を形成する工程と、該第1の光ガイド層の上に $Al_{1-z_2}Ga_{1-z_2}N$ よりなる一導電型の第2の光ガイド層を形成する工程と、該第2の光ガイド層をストライプ構造になるようにエッチングする工程と、前記第1の光ガイド層における前記第2の光ガイド層に接していない領域の表面層を酸化する工程と、前記第1の光ガイド層および第2の光ガイド層の上にエピタキシャル成長法によって $Al_{1-z_3}Ga_{1-z_3}N$ よりなり前記 $Al_{1-z_2}Ga_{1-z_2}N$ および $Al_{1-z_3}Ga_{1-z_3}N$ の各混晶比の $Z_2$ および $Z_3$ の間に $Z_3 > Z_2$ の関係が成立するように一導電型のクラッド層を形成する工程とを備えた構成とするものである。

【0062】

【作用】請求項1の構成により、第1の半導体層と第3の半導体層との間の界面抵抗が第1の半導体層と第2の半導体層との間の界面抵抗および第2の半導体層と第3の半導体層との間の界面抵抗のいずれよりも大きいため、電流は第1の半導体層と第3の半導体層との間においては、第2の半導体層が形成されていない領域、つま

18

りストライプ領域以外の領域には流れ難い一方、第2の半導体層が形成されている領域つまりストライプ領域には流れ易い。このため、電流ブロック層を形成しなくても電流をストライプ領域に狭窄することができる。

【0063】また、活性層の屈折率 $n_r$ が第1の半導体層の屈折率 $n_{r1}$ よりも大きくかつ第2の半導体層の屈折率 $n_{r2}$ が第3の半導体層の屈折率 $n_{r3}$ よりも大きいため、ストライプ領域の実効屈折率がストライプ領域外の実効屈折率よりも高くなり、屈折率導波機構による安定した単一横モード発振を得ることができる。

【0064】請求項2の構成により、第1の半導体層における第3の半導体層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されているため、第1の半導体層と第3の半導体層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくすることができる。

【0065】請求項3の構成により、活性層がGaAlAsよりなる半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が第1の光ガイド層と第2の光ガイド層との間の界面抵抗および第2の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きいため、電流は第2の光ガイド層が形成されている領域つまりストライプ領域にのみ流れ易くなり、電流ブロック層を形成しなくても電流をストライプ領域に狭窄することができる。

【0066】また、活性層、第1の光ガイド層、第2の光ガイド層およびクラッド層の各混晶比の $X$ 、 $Y_1$ 、 $Y_2$ および $Y_3$ の間に $Y_3 > Y_2$ および $Y_1 > X \geq 0$ の関係が成立するため、第2の光ガイド層の屈折率がクラッド層の屈折率よりも大きくなるので、ストライプ領域の実効屈折率がストライプ領域外の実効屈折率よりも高くなり、安定した単一横モード発振を得ることができる。

【0067】請求項4の構成により、活性層がGaAlAsよりなる半導体レーザ装置において、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるため、活性層近傍における発熱が抑制される。

【0068】請求項5の構成により、活性層がGaAlAsよりなる半導体レーザ装置において、活性層および第2の光ガイド層は、各混晶比の $X$ および $Y_2$ の間に $Y_2 > X$ の関係が成立するように形成されているため、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明となり、活性層近傍における発熱が抑制される。

【0069】請求項6の構成により、活性層がGaAlAsよりなる半導体レーザ装置において、活性層および第2の光ガイド層は、各混晶比の $X$ および $Y_2$ の間に $X \geq Y_2 \geq 0$ の関係が成り立ち、第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されているため、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明となり、活性層近傍における発熱が

19

抑制される。

【0070】請求項7の構成により、活性層がGaAlAsよりなる半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層におけるクラッド層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されているため、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくすることができる。

【0071】請求項8の構成により、活性層がGaAlAsよりなる半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくすることができ、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるため、活性層近傍における発熱を抑制することができる。

【0072】請求項9の構成により、活性層がGaAlAsよりなる半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくすることができ、活性層および第2の光ガイド層は各混晶比のXおよびY2の間に $Y2 > X$ の関係が成立するように形成されているため、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明となり活性層近傍における発熱を抑制することができる。

【0073】請求項10の構成により、活性層がGaAlAsよりなる半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくすることができ、活性層および第2の光ガイド層は、各混晶比のXおよびY2の間に $X \geq Y2 \geq 0$ の関係が成り立ち、第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されているため、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明となり活性層近傍における発熱を抑制することができる。

【0074】請求項11の構成により、活性層が量子井戸構造を有しているため、半導体レーザの低しきい値化および高出力化が図れる。

【0075】また、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が、第1の光ガイド層と第2の光ガイド層との間の界面抵抗および第2の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きいため、請求項3と同様に、電流ブロック層を形成しなくても電流をストライプ領域内に狭窄することができる。

【0076】さらに、第2の光ガイド層およびクラッド層の各混晶比のY2およびY3の間に $Y3 > Y2$ の関係が成立するため、第2の光ガイド層の屈折率がクラッド層の屈折率よりも大きくなり、屈折率導波機構により安定した単一横モードを得ることができる。

【0077】請求項12の構成により、活性層が量子井戸構造を有するGaAlAs系の半導体レーザ装置において、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるため、活性層近傍における発熱を抑制することができる。

20

【0078】請求項13の構成により、活性層が量子井戸構造を有するGaAlAs系の半導体レーザ装置において、第2の光ガイド層の禁制帯幅が活性層により発振されるレーザ光の波長を吸収しない大きさに形成されているため、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明となり、活性層近傍における発熱が抑制される。

【0079】請求項14の構成により、活性層が量子井戸構造を有するGaAlAs系の半導体レーザ装置において、第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されているため、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明となり活性層近傍における発熱を抑制することができる。

【0080】請求項15の構成により、活性層が量子井戸構造を有するGaAlAs系の半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層におけるクラッド層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されているため、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくすることができる。

【0081】請求項16の構成により、活性層が量子井戸構造を有するGaAlAs系の半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくすることができ、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるため、活性層近傍における発熱を抑制することができる。

【0082】請求項17の構成により、活性層が量子井戸構造を有するGaAlAs系の半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくすることができ、第2の光ガイド層の禁制帯幅が活性層により発振されるレーザ光の波長を吸収しない大きさに形成されているため、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明となり、活性層近傍における発熱が抑制される。

【0083】請求項18の構成により、活性層が量子井戸構造を有するGaAlAs系の半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくすることができ、第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されているため、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明となり活性層近傍における発熱を抑制することができる。

【0084】請求項19の構成により、活性層がInGaAsよりなる半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が第1の光ガイド層と第2の光ガイド層との間の界面抵抗および第2の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きいため、電流は第2の光ガイド層が形成されている領域つまりストライプ領域にのみ流れ易くなり、電流プロ

21

ック層を形成しなくても電流をストライプ領域に狭窄することができる。

【0085】また、第2の光ガイド層にInGa<sub>N</sub>を用い、クラッド層にAlGa<sub>N</sub>を用いているため、第2の光ガイド層の屈折率がクラッド層の屈折率よりも大きくなるので、ストライプ領域の実効屈折率がストライプ領域外の実効屈折率よりも高くなり、安定した単一横モード発振を得ることができる。

【0086】請求項20の構成により、活性層がInGa<sub>N</sub>よりなる半導体レーザ装置において、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるため、活性層近傍における発熱が抑制される。

【0087】請求項21の構成により、活性層がInGa<sub>N</sub>よりなる半導体レーザ装置において、活性層および第2の光ガイド層は、各混晶比のX<sub>1</sub>およびX<sub>2</sub>の間にX<sub>1</sub>>X<sub>2</sub>の関係が成立するように形成されているため、第2の光ガイド層は活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明となり、活性層近傍における発熱が抑制される。

【0088】請求項22の構成により、活性層がInGa<sub>N</sub>よりなる半導体レーザ装置において、活性層および第2の光ガイド層は、各混晶比のX<sub>1</sub>およびX<sub>2</sub>の間にX<sub>2</sub>≥X<sub>1</sub>≥0の関係が成り立ち、第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されているため、第2の光ガイド層は活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明となり、活性層近傍における発熱が抑制される。

【0089】請求項23の構成により、活性層がInGa<sub>N</sub>よりなる半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層におけるクラッド層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されているため、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくすることができる。

【0090】請求項24の構成により、活性層がInGa<sub>N</sub>よりなる半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくことができ、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるため、活性層近傍における発熱を抑制することができる。

【0091】請求項25の構成により、活性層がInGa<sub>N</sub>よりなる半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくことができ、活性層および第2の光ガイド層は各混晶比のX<sub>1</sub>およびX<sub>2</sub>の間にX<sub>1</sub>>X<sub>2</sub>の関係が成立するように形成されているため、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明となり活性層近傍における発熱を抑制することができる。

【0092】請求項26の構成により、活性層がInGa<sub>N</sub>

22

a<sub>N</sub>よりなる半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくことができ、活性層および第2の光ガイド層は、各混晶比のX<sub>1</sub>およびX<sub>2</sub>の間にX<sub>2</sub>≥X<sub>1</sub>≥0の関係が成り立ち、第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されているため、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明となり活性層近傍における発熱を抑制することができる。

10 【0093】請求項27の構成により、活性層がInGa<sub>N</sub>よりなる半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が第1の光ガイド層と第2の光ガイド層との間の界面抵抗および第2の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きい場合、電流は第2の光ガイド層が形成されている領域つまりストライプ領域にのみ流れ易くなり、電流ブロック層を形成しなくても電流をストライプ領域に狭窄することができる。

20 【0094】また、第2の光ガイド層およびクラッド層の各混晶比のZ<sub>2</sub>およびZ<sub>3</sub>の間にZ<sub>3</sub>>Z<sub>2</sub>の関係が成立しているため、第2の光ガイド層の屈折率がクラッド層の屈折率よりも大きくなるので、ストライプ領域の実効屈折率がストライプ領域外の実効屈折率よりも高くなり、安定した単一横モード発振を得ることができる。

【0095】また、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるため、活性層近傍における発熱を抑制することができる。

30 【0096】請求項28の構成により、活性層がInGa<sub>N</sub>よりなる半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくことができ、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるため、活性層近傍における発熱を抑制することができる。

【0097】請求項29の構成により、活性層が量子井戸構造を有しているため、InGa<sub>N</sub>系の半導体レーザ装置の低しきい値化および高出力化を図ることができる。

40 【0098】また、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が、第1の光ガイド層と第2の光ガイド層との間の界面抵抗および第2の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きい場合、請求項21と同様に、電流ブロック層を形成しなくても電流をストライプ領域内に狭窄することができる。

【0099】また、第2の光ガイド層にInGa<sub>N</sub>を用い、クラッド層にAlGa<sub>N</sub>を用いているため、第2の光ガイド層の屈折率がクラッド層の屈折率よりも大きくなり、屈折率導波機構により安定した単一横モードが得ることができる。

50 【0100】請求項30の構成により、活性層が量子井戸構造を有するInGa<sub>N</sub>系の半導体レーザ装置におい

て、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるため、活性層近傍における発熱を抑制することができる。

【0101】請求項31の構成により、活性層が量子井戸構造を有するInGa<sub>N</sub>系の半導体レーザ装置において、第2の光ガイド層の禁制帯幅が活性層により発振されるレーザ光の波長を吸収しない大きさに形成されているため、第2の光ガイド層は活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明となり、活性層近傍における発熱が抑制される。

【0102】請求項32の構成により、活性層が量子井戸構造を有するInGa<sub>N</sub>系の半導体レーザ装置において、第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されているため、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明となり活性層近傍における発熱を抑制することができる。

【0103】請求項33の構成により、活性層が量子井戸構造を有するInGa<sub>N</sub>系の半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層におけるクラッド層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されているため、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくすることができる。

【0104】請求項34の構成により、活性層が量子井戸構造を有するInGa<sub>N</sub>系の半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくすることができ、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるため、活性層近傍における発熱を抑制することができる。

【0105】請求項35の構成により、活性層が量子井戸構造を有するInGa<sub>N</sub>系の半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくすることができ、第2の光ガイド層の禁制帯幅が活性層により発振されるレーザ光の波長を吸収しない大きさに形成されているため、第2の光ガイド層は活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明となり、活性層近傍における発熱が抑制される。

【0106】請求項36の構成により、活性層が量子井戸構造を有するInGa<sub>N</sub>系の半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくすることができ、第2の光ガイド層が量子効果を奏する膜厚になるように形成されているため第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明となり、活性層近傍における発熱を抑制することができる。

【0107】請求項37の構成により、活性層が量子井戸構造を有しているため、InGa<sub>N</sub>系の半導体レーザ装置の低しきい値化および高出力化を図ることができる。

【0108】また、第1の光ガイド層とクラッド層との

間の界面抵抗が、第1の光ガイド層と第2の光ガイド層との間の界面抵抗および第2の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きい場合、請求項21と同様に、電流ブロック層を形成しなくても電流をストライプ領域内に狭窄することができる。

【0109】また、第2の光ガイド層およびクラッド層にInGa<sub>N</sub>およびAlGa<sub>N</sub>を用いているため、第2の光ガイド層の屈折率がクラッド層の屈折率よりも大きくなり、屈折率導波機構により安定した単一横モードが得ることができる。

【0110】また、第2の光ガイド層は前記活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるため、活性層近傍における発熱を抑制することができる。

【0111】請求項38の構成により、活性層が量子井戸構造を有するInGa<sub>N</sub>系の半導体レーザ装置において、第1の光ガイド層におけるクラッド層と接している領域の表面層には酸化膜が形成されているため、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易かつ確実に大きくすることができる。

【0112】請求項39の構成により、第1の光ガイド層の上に第2の光ガイド層を形成した後、該第2の光ガイド層をストライプ構造にエッチングするため、第1の光ガイド層の上にストライプ状の第2の光ガイド層が形成される。

【0113】また、Ga<sub>1-y1</sub>Al<sub>y1</sub>Asよりなる第1の光ガイド層およびGa<sub>1-y2</sub>Al<sub>y2</sub>Asよりなる第2の光ガイド層の上に、Ga<sub>1-y3</sub>Al<sub>y3</sub>Asよりなり前記Ga<sub>1-y2</sub>Al<sub>y2</sub>AsおよびGa<sub>1-y3</sub>Al<sub>y3</sub>Asの各混晶比のY2およびY3の間にY3>Y2の関係が成り立つようにクラッド層を形成するため、第2の光ガイド層の屈折率をクラッド層よりも大きくすることができ、ストライプ領域内外に実効屈折率差が形成され、屈折率導波機構が得られる。

【0114】請求項40の構成により、第1の光ガイド層における第2の光ガイド層が形成されていない領域の表面層を酸化する工程を備えているため、第1の光ガイド層におけるクラッド層と接している領域の表面層に酸化膜を有する半導体レーザ装置を確実に形成することができる。

【0115】請求項41の構成により、第1の光ガイド層の上に第2の光ガイド層を形成した後、該第2の光ガイド層をストライプ構造にエッチングするため、第1の光ガイド層の上にストライプ状の第2の光ガイド層が形成される。

【0116】また、AlGa<sub>N</sub>よりなる第1の光ガイド層およびInGa<sub>N</sub>よりなる第2の光ガイド層の上に、AlGa<sub>N</sub>よりなるクラッド層を形成するため、第2の光ガイド層の屈折率をクラッド層の屈折率よりも大きくすることができ、ストライプ領域内外に実効屈折率差が形成され、屈折率導波機構が得られる。

25

【0117】請求項42の構成により、第1の光ガイド層における第2の光ガイド層が形成されていない領域の表面層を酸化する工程を備えているため、第1の光ガイド層におけるクラッド層と接している領域の表面層に酸化膜を有する半導体レーザ装置を確実に形成することができる。

【0118】請求項43の構成により、第1の光ガイド層の上に第2の光ガイド層を形成した後、該第2の光ガイド層をストライプ構造にエッチングするため、第1の光ガイド層の上にストライプ状の第2の光ガイド層が形成される。

【0119】また、 $Al_{1-z}Ga_{1-z}N$ よりなる第1の光ガイド層および $In_{1-z}Ga_{1-z}N$ よりなる第2の光ガイド層の上に、 $Al_{1-z}Ga_{1-z}N$ よりなり前記第2の光ガイド層およびクラッド層の各混晶比の $Z2$ および $Z3$ の間に $Z3 > Z2$ の関係が成立するようにクラッド層を形成するため、第2の光ガイド層の屈折率をクラッド層の屈折率よりも大きくすることができ、ストライプ領域内外に実効屈折率差が形成され、屈折率導波機構が得られる。

【0120】請求項44の構成により、第1の光ガイド層における第2の光ガイド層が形成されていない領域の表面層を酸化する工程を備えているため、第1の光ガイド層におけるクラッド層と接している領域の表面層に酸化膜を有する半導体レーザ装置を確実に形成することができる。

【0121】

【実施例】以下、本発明の一実施例について、図面を参照しながら説明する。

【0122】図1は本発明の第1実施例に係る半導体レーザ装置の断面図である。 $GaAs$ よりなるn型の半導体基板1Aの上に $GaAs$ よりなるn型のバッファ層2A（厚さ $0.5\mu m$ ）が形成され、バッファ層2Aの上に $Ga_{0.5}Al_{0.5}As$ よりなるn型のクラッド層3A（厚さ $1.5\mu m$ ）が形成され、クラッド層3Aの上に $Ga_{0.85}Al_{0.15}As$ よりなる活性層4A（厚さ $0.04\mu m$ ）が形成され、活性層4Aの上に $Ga_{0.5}Al_{0.5}As$ よりなる第1の半導体層としてのp型の第1の光ガイド層5A（厚さ $0.1\mu m$ ）が形成され、第1の光ガイド層5Aの上に $Ga_{0.8}Al_{0.2}As$ よりなるストライプ状の第2の半導体層としてのp型の第2の光ガイド層6A（厚さ $20nm$ ）が形成され、第1の光ガイド層5Aおよび第2の光ガイド層6Aの上に、再成長法によって $Ga_{0.5}Al_{0.5}As$ よりなる第3の半導体層としてのp型の埋め込みクラッド層7A（厚さ $1.5\mu m$ ）が形成され、埋め込みクラッド層7Aの上に $GaAs$ よりなるコンタクト層8A（厚さ $2\mu m$ ）が形成されている。

【0123】この場合、安定した単一横モード発振を得るために、第2の光ガイド層6Aの屈折率は、埋め込み

26

クラッド層7Aの屈折率よりも高く形成されている。本第1実施例では、第2の光ガイド層6Aの $AlAs$ 混晶比を埋め込みクラッド層7Aの $AlAs$ 混晶比よりも低くすることにより実現している。

【0124】もし、第2の光ガイド層6Aの $AlAs$ 混晶比が埋め込みクラッド層7Aの混晶比と同様であると、プラズマ効果によるストライプ領域の屈折率が低下し、アンチガイドの導波路となって、単一な横モード発振は得られない。まして、第2の光ガイド層6Aの $AlAs$ 混晶比が埋め込みクラッド層7Aの混晶比よりも高い場合には、横モード発振が極めて不安定になる。本第1実施例では、第2の光ガイド層6Aの $AlAs$ 混晶比は、埋め込みクラッド層7Aの $AlAs$ 混晶比よりも十分に低く、0.2に設定している。

【0125】図2は、ストライプ内外の実効屈折率差（ $\Delta n$ ）の数値計算結果の一例を示している。光ディスクに使用される $780nm$ 帯の波長の光に対して用いられる埋め込みクラッド層7Aの混晶比が0.5である場合、第2の光ガイド層6Aの混晶比（ $Y2$ ）を0.2とし、その厚さを $20nm$ 程度にすると、屈折率導波構造を得るのに十分な実効屈折率差 $\Delta n = 7 \times 10^{-3}$ が得られることが分かる。このように、第1実施例では、第2の光ガイド層6Aの $AlAs$ 混晶比を適当に設定することにより、非常に薄い第2の光ガイド層6Aの設計が可能となる。このため、ストライプ領域のエッチングの段差は殆どなくなり、サイドエッチ等に起因する歩留まりの低下の問題は生じない。現実にはストライプ幅のばらつきはフォトリソグラフィ工程によるマスク幅の非常に小さな程度に低減される。また、エッチングの段差が小さいので、表面が平坦な半導体レーザ装置を容易に実現できる。

【0126】エッチング液として、酒石酸、硫酸系などの非選択性の液を用いる場合、深さ方向にオーバーエッチが若干生じるが、第1の光ガイド層5Aの $AlAs$ 混晶比と埋め込みクラッド層7Aの $AlAs$ 混晶比とを同一にすると、実効屈折率差 $\Delta n$ は、エッチングが第1の光ガイド層5A内で停止している限りにおいて変化せず、ロット間又はウエハ面内で再現性良く同一の特性を有する半導体レーザ装置が得られる。第1実施例では、第1の光ガイド層5Aの厚さを $0.1\mu m$ に設定し、第2の光ガイド層6Aの厚さの10倍にしているので、非選択性のエッチング液を用いてもエッチングを第1の光ガイド層5A内で確実に停止できる。

【0127】次に、電流狭窄の原理について説明する。ストライプ領域内への電流狭窄は、第1の光ガイド層5Aと埋め込みクラッド層7Aとの間の界面抵抗を、第2の光ガイド層6Aと埋め込みクラッド層7Aの間の界面抵抗及び第2の光ガイド層6Aと埋め込みクラッド層7Aとの間の界面抵抗よりも十分に高くすることにより、容易に実現できる。第1実施例では、第1の光ガイド層



27

5 AのAlAs混晶比を第2の光ガイド層6 AのAlAs混晶比よりも十分に高くすることにより実現している。すなわち、GaAlAs系の材料では、AlAs混晶比が高くなるほど、大気中に表面を露出させた場合、Alの酸化に起因する欠陥準位が数多く導入される。従って、AlAs混晶比の高い半導体基板に再成長を行なうと、再成長の界面の結晶性が悪くなり、該界面における抵抗は本質的に高くなる。

【0128】図3は、実験により求めた、半導体基板表面のAlAs混晶比に対する電流-電圧特性の実験結果を示している。実験に用いた半導体基板は、図1に示す半導体レーザ装置における第2の光ガイド層6 Aを除去したものであり、第1の光ガイド層5 AのAlAs混晶比(Y1)を変えたものである。すなわち、第1の光ガイド層5 Aの上にMOCVD法による再成長を行なったものである。AlAs混晶比の増大に伴って、電圧が高くなっていくことが分かる。特に、AlAs混晶比が0.5以上では、界面の高抵抗化に伴い、ポテンシャル障壁の形成が見られ、電圧の立ち上がりにディップが見られる。ここで、半導体レーザの駆動電圧は、せいぜい2 V程度であることから、それ以上のディップが形成されている領域には電流が流れないことになる。すなわち、第1実施例では、以上の現象を利用して、第1の光ガイド層5 AのAlAs混晶比を0.5とし、第2の光ガイド層6 AのAlAs混晶比を0.2とすることにより、ストライプ領域内への電流狭窄を実現している。このとき、ストライプ領域内への電流注入を界面の問題なしに良好に行なうためには、第2の光ガイド層6 AのAlAs混晶比は0.3以下であることが望ましい。

【0129】図3から明らかなように、第1の光ガイド層5 Aは混晶比が高いほど界面が高抵抗化するので、混晶比の高い方が確実に電流狭窄を行なうことができる。しかし、混晶比をあまり高くすると、屈折率が小さくなりすぎ、ダブルヘテロ接合における垂直方向の光分布への影響が大きくなり、活性層4 Aの光の閉じこめ係数が小さくなることによる発振しきい値の上昇などの悪影響がある。また、第1の光ガイド層5 A自体が高抵抗化するため、ストライプ領域内の抵抗値も上昇する。具体的には、第1の光ガイド層5 Aの混晶比が0.7を越えると、前記の悪影響により、良好な特性の半導体レーザの実現が困難となる。

【0130】そこで、電流狭窄をより確実に行ないつつ前記の悪影響を防止するために、第1の光ガイド層5 Aと活性層4 Aとの間に少なくとも1層のGaAlAs層を形成することが好ましい。すなわち、第1の光ガイド層5 Aの下に例えば1つのGaAlAs層を追加して、第1の光ガイド層5 Aの混晶比をより高く、追加されたGaAlAs層の混晶比を低く設定する。例えば、第1の光ガイド層5 Aの混晶比を0.8にすると共に、追加されたGaAlAs層の混晶比を0.5とすると、より

28

確実な電流狭窄を実現できる。このとき、追加されたGaAlAs層の膜厚は光分布に影響を与えない程度(0.01  $\mu$ m以下)の厚さにすることにより、前記の悪影響を防止しつつ、界面の高い混晶比により電流狭窄を確実に行なうことができる。ここで、追加されたGaAlAs層の混晶比は、第1の光ガイド層5 Aよりも低く設定するが、活性層4 Aへキャリアを閉じこめる必要性から通常のクラッド層3 Aと同程度の混晶比は必要である。すなわち、一般的に活性層4 Aの禁制帯幅よりも、0.3 eV以上大きな禁制帯幅となるような混晶比にする必要がある。

【0131】なお、第1の光ガイド層5 Aと活性層4 Aとの間に設けるGaAlAs層を2層以上にして各層の混晶比と膜厚とを適当に組み合わせることにより、同様の効果、すなわち、高い界面抵抗値と、光分布に影響を与えない膜厚にすることも有効な方法である。

【0132】また、前述した現象はGaAlAs系に限らず、他のAlを含む材料系、例えばInGaAlP系などでも見られ、同様の電流狭窄が可能である。

【0133】また、第1実施例では、Alの酸化現象の場合についてのみ説明したが、他の半導体材料(Alを含まない材料、例えばInP系、InGaAsP系、ZnSe系)においても、半導体基板1の表面の第1の光ガイド層5 Aを強制的に酸化させることにより、同様の電流狭窄を実現できる。すなわち、第2の光ガイド層6 Aをストライプ状にマスクングしてエッチングした後であってマスクを除去する前に、第1の光ガイド層5 Aを酸素雰囲気中に露出させて第1の光ガイド層5 Aを酸化させることにより、第1の光ガイド層5 Aにおける埋め込みクラッド層7 Aと接している領域の表面層に酸化層を形成することができる。熱平衡状態における結晶成長である液相成長法と異なり、非平衡状態における結晶成長である気相成長法を用いると、半強制的に結晶が成長されていくので、酸化膜が多少形成された半導体基板1上にも結晶成長は可能である。もちろん、Alを含む系においても、ストライプ領域外の第1の光ガイド層5 Aと埋め込みクラッド層7 Aとの間の界面抵抗を高くし、電流狭窄をより良好にするために気相成長法を使用してもよい。この方法により、プロセス間の安定化を図ることができる。

【0134】また、この構造において、p型のGaAsコンタクト層8 Aから注入される電流はストライプ領域内に閉じ込められ、ストライプ領域の下側のGa<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>Asよりなる活性層4 Aにおいて780 nm帯のレーザ発振が生じる。また、実屈折率導波型であり、BH構造のように活性層の側面がエッチングされていることによる散乱損失もないため、内部損失の小さい低動作電流の半導体レーザ装置が得られる。

【0135】さらに、この構造では、小さな実効屈折率差 $\Delta n$ の形成も、各層の膜厚を変えることにより可能で



29

あるため、レーザ光をストライプ領域外に広げ、スペクトルを多モード化することにより低雑音の半導体レーザ装置を容易に得ることができる。

【0136】図4は、本発明の第1実施例におけるスペクトル特性と構造パラメータとの関係の実験結果を示している。波長780nm帯において、活性層4Aの層厚(d a)および第1の光ガイド層5Aの層厚(d p)の広い領域において、多モード発振が得られることが分かる。この場合、実効屈折率差 $\Delta n$ を小さくして多モード化させるための第2の光ガイド層6Aの厚さは10nmである。このような範囲で半導体レーザ装置を作製することにより、CDなどに使用される低雑音の半導体レーザ装置を容易に実現できる。

【0137】但し、光を導波し得る各GaAlAs層、つまり第1実施例におけるn型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asクラッド層3Aに、従来よく使用されている不純物として、液相成長法ではTeを添加し、有機金属気相成長法(MOCVD法)ではSeを添加した場合、これらの不純物はGaAlAs中でDXセンターとなり、数mWから数十mWで発振している主モードの光密度で可飽和吸収効果を引き起こす。このため、発振している主モードの定在波に対して損失グレーティングを形成し、発振している主モード以外の他のモードを抑圧し、シングルモード性を高めてしまう結果となる。

【0138】この問題を解決するために、第1実施例では、光を導波し得るGaAlAsの各層に不純物としてSiを添加している。Siは、GaAlAs中のDXセンタ準位と伝導帯との間のキャリアの熱的捕獲および放出の活性化エネルギーが、Te及びSeと異なるため、非常に低い光密度で光吸収が飽和してしまい、発振している主モードに対して損失グレーティングを殆ど形成しない。従って、スペクトルの多モード性が損なわれる問題は低雑音化が容易となる。同じ理由により、Siを用いることは、高周波重畳によりスペクトルを多モード化し、低雑音化を図る際にも効果的である。すなわち、接合に水平方向の実効屈折率差 $\Delta n$ を大きくし発振モードのスペクトルをシングルモードにした半導体レーザ装置の構造において低雑音化を図るためには、従来、動作電流に高周波を重畳しスペクトルを多モード化する方法が用いられてきたが、損失グレーティングが形成されているTe及びSeの場合に比べて、Siの方が容易にスペクトルが多モード化し、低雑音特性が実現できる。

【0139】以下、図5(a)、(b)および(c)に基づき、第1実施例に係る半導体レーザ装置の製造方法について説明する。

【0140】まず、図5(a)に示すように、GaAsよりなるn型の半導体基板1Aの上に、MOCVD又はMBE成長法により、GaAsよりなるn型のバッファ層2A(厚さ、0.5 $\mu$ m)、Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなるn型のクラッド層3A(厚さ、1.5 $\mu$ m)、Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>Asよりなる活性層4A(厚さ、0.04 $\mu$ m)、Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなるp型の第1の光ガイド層5A(厚さ、0.1 $\mu$ m)、Ga<sub>0.8</sub>Al<sub>0.2</sub>Asよりなるp型の第2の光ガイド層6A(厚さ、20nm)を順次形成する。第2の光ガイド層6AのAlAs混晶比としては、再成長が容易な0.3以下にし、レーザ光に対して透明な混晶比であることが望ましい。なぜなら、非常に薄い層であっても、レーザ光の吸収を生じること、活性層4Aの近傍における発熱につながり、半導体レーザ装置の高出力化および長寿命化を阻害するおそれがあるからである。この点から、第1実施例においては、実効屈折率差 $\Delta n$ の設計からだけではなく、第2の光ガイド層6AのAlAs混晶比として、活性層4AのAlAs混晶比である0.15よりも十分に大きい値である0.2の値を用いることにしている。

【0141】ここで、活性層4Aの層厚および第1の光ガイド層5Aの層厚は、安定した単一横モードを得るために、実効屈折率差 $\Delta n = 5 \times 10^{-3}$ となる厚さにしている。活性層4Aの導電型については、特に記載していないが、p型であっても、n型であっても、もちろんアンドープであってもよい。

【0142】次に、図5(b)に示すように、ストライプ状のメサをフォトリソグラフィ技術を用いてエッチングにより形成する。エッチングの深さは、第1の光ガイド層5Aの層厚が20nmであるから、サイドエッチがあってもせいぜいその程度であり、ストライプ領域のエッチングばらつきは殆ど発生しない。ストライプ幅の設計を2.0 $\mu$ mとしたときに、実際に製作した半導体レーザ装置のストライプ幅のばらつきは $\pm 0.1 \mu$ m以下となり、図9～図12に示す従来の半導体レーザ装置のばらつき $\pm 0.3 \sim \pm 0.5 \mu$ mに比べて著しく低減されている。

【0143】尚、エッチング深さを確実に制御するために、混晶比の低い第2の光ガイド層6Aのみを選択的にエッチングするエッチャントを用いることも好ましい。この方法により、混晶比の高い第1の光ガイド層5A上でエッチングを確実に制御できる。この場合のストライプ幅の制御性については、エッチングの深さが非常に浅いため、サイドエッチ量のばらつきが小さく、ストライプ幅のエッチングばらつきは殆ど生じない。具体的なエッチャントの例としては、有機酸系の酒石酸、乳酸、過酸化水素水および水の適当な組み合わせによるエッチャントが挙げられる。

【0144】次に、図5(c)に示すように、MOCVD又はMBE成長法によって、Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>AsよりなるP型の埋め込みクラッド層7AおよびGaAsよりなるp型のコンタクト層8Aを再成長法により順次形成する。このとき、電流の流れるストライプ領域においては、AlAs混晶比の低いp型のGa<sub>0.8</sub>Al<sub>0.2</sub>As

sよりなる第2の光ガイド層6A上の成長となるため成長を容易に行なうことができる。ただし、p型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなるクラッド層7AのドーパントにZnを使用する場合には、Znの成長中の拡散により内部損失が増大し、電流-光出力特性における温度特性に悪影響を及ぼす場合がある。特に、量子井戸構造の活性層の場合には、拡散による量子井戸の無秩序化が生じてしまう問題がある。このことを防ぐためには、少なくとも、再成長界面におけるp型の層のキャリア濃度を $10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下にする必要があり、本第1実施例では、 $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ とした。

【0145】根本的な対策としては、拡散が少ないドーパントであるカーボンを用いることが好ましい。ドーパントとしてカーボンを用いることにより、電流-光出力特性において温度依存性の優れた特性を得ることができる。

【0146】次に、GaAsよりなるn型の半導体基板1AおよびGaAsよりなるp型のコンタクト層8Aに電極をそれぞれ形成する。

【0147】尚、前記第1実施例においては、第2の光ガイド層6Aをレーザ光に対して透明にするために、第2の光ガイド層6AのAlAs混晶比を活性層4AのAlAs混晶比よりも大きくしているが、これに代えて、次のようにしてもよい。すなわち、第2の光ガイド層6AのAlAs混晶比を活性層4AのAlAs混晶比と同等又は低くするとともに、第2の光ガイド層6Aの層厚を量子効果が生じるほど薄くし、レーザ光に対して透明にすることもできる。

【0148】図6は、第2の光ガイド層6Aが量子効果を生じた場合の計算結果を示す。縦軸は、第2の光ガイド層6Aの量子効果によって得られるバンド間エネルギーを波長に換算した値である。半導体レーザ装置が、前記第1実施例のように780nmの発振波長のとき、第2の光ガイド層6AがGaAs ( $Y=0$ ) であっても、層厚が3nm以下であれば、第2の光ガイド層6Aが量子効果により透明となることが分かる。この場合、図1の第1実施例に比べて、第2の光ガイド層6AのAlAs混晶比は低く設定できるので、ストライプ領域内の再成長界面の結晶性は、より良好になり、再成長プロセスの安定化が図れる。また、第2の光ガイド層6Aの層厚は、量子効果を得るこの場合においては薄くなるが、第2の光ガイド層6AのAlAs混晶比はかなり低く(屈折率は高く)できるので、屈折率ガイドに必要な実効屈折率差 $\Delta n$ は確保できる。

【0149】また、前記第1実施例においては、AlAs混晶比の低いGaAlAsを第2の光ガイド層6Aに用いる場合のみを示したが、GaAsと格子整合できる他の材料でも構わない。ただし、第2の光ガイド層6Aは、光吸収を抑制するために、レーザ光の波長よりも大

きい禁制帯幅を有することが望ましい。例えば、In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Pよりなる第2の光ガイド層6Aを用いても構わない。このときにおいても、同様の特性が得られる。

【0150】また、In<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>As<sub>y</sub>P<sub>1-y</sub>よりなる第2の光ガイド層6Aを用いても前記と同様の特性が得られる。この場合には、GaAsと格子整合をとるため、XとYは、 $0.189Y - 0.418X + 0.013XY + 0.127 = 0$ の関係を満たす必要がある。

【0151】また、第2の光ガイド層6Aの禁制帯幅はレーザ光の波長のエネルギー(E)よりも大きい必要があるので、 $1.35 + 0.672X - 1.601Y + 0.758X^2 + 0.101Y^2 - 0.157XY - 0.312X^2Y + 0.109XY^2 > E$ の関係を満足することが望ましい。

【0152】また、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)<sub>0.5</sub>Pよりなる第2の光ガイド層6Aを用いてもよい。この場合には、Xに関わらず禁制帯幅はレーザ光の波長よりも大きくなり、格子整合もとれる。ただし、Xが大きすぎると酸化の問題があるので、 $X < 0.3$ であることが望ましい。

【0153】さらに、半導体レーザ装置の低しきい値化および高出力化を図るためには、量子井戸構造を用いることが有効である。すなわち、活性層4Aに、シングルカンタムウェル(SQW)構造、ダブルカンタムウェル(DQW)構造、トリブルカンタムウェル(TQW)構造、グリーン(GRIN)構造又はそのセパレートコンファインメントヘテロストラクチャー(SCH)構造などの量子井戸構造を用いることが好ましい。

【0154】図7(a)は、図1に示す第1実施例に係る半導体レーザ装置における電流-光出力の特性図である。共振器長400 $\mu\text{m}$ の半導体レーザ装置に、前端面10%、後端面75%のコーティングを行なった結果、しきい値20mA、スロープ効率0.9mW/mAの低消費電流の特性が得られた。横モードおよび縦モードは、780nmの波長において安定した単一モードであった。

【0155】以下、第1実施例に係る半導体レーザ装置における低雑音特性について説明する。共振器長は200 $\mu\text{m}$ 、端面反射率は32%としている。低雑音化のために、図4から、 $d_a = 0.04 \mu\text{m}$ 、 $d_p = 0.22 \mu\text{m}$ としている。室温で3mWのレーザ光を放出するのに必要な動作電流値は25mAである。横モードは、安定な基本モードで発振した。スペクトルは780nm帯のセルフパルセーションを生じる多モードで発振しており、0~10%の戻り光率の範囲内で-130dB/Hzの相対強度雑音(RIN)の値を得ており低雑音特性が得られた。

【0156】以下、半導体レーザ装置の高性能化のために、活性層4Aに量子井戸構造を用いた場合について説

33

明する。すなわち、活性層 4 A を量子井戸構造とすることにより、しきい値をさらに低減でき、高出力が得られる。図 7 (b) は、量子井戸構造として、780 nm 帯のレーザ光を発振をする 10 nm の厚さの  $\text{Ga}_{0.95}\text{Al}_{0.05}\text{As}$  よりなる 4 層のウェル層および 4 nm の厚さの  $\text{Ga}_{0.7}\text{Al}_{0.3}\text{As}$  よりなる 5 層のバリア層からなるマルチ量子ウェル (MQW) 構造を用いたときの電流-光出力特性を示している。共振器長 400  $\mu\text{m}$ 、前面に 10%、後面に 75% のコーティングを行なった半導体レーザ装置において、200 mW 以上の光出力が実現できている。

【0157】尚、前記第 1 実施例において、半導体基板 1 A として n 型のものを用いる場合のみを示したが、半導体基板 1 A に p 型のものを用いても構わない。従来構造では、電流ブロック層を用いるため、キャリアの拡散長による制限があり、拡散長の長い電子に対する p 型の電流ブロック層の形成が困難であったので、活性層上に電流ブロック層を形成する気相成長法では、n 型の半導体基板しか実用的に用いることができなかった。これは、パッケージをマイナス端子とする通常の使用において、半導体レーザのヒートシンクのコストの観点から重要な問題であった。すなわち、半導体レーザは放熱性を高めるために、通常、発熱部である p-n 接合のある側を下にしてヒートシンクにマウントされるが、半導体基板が n 型である場合、マウントされる面は p 型となり、ヒートシンクにおいて極性を反転させない限り、パッケージはプラスになってしまう。このため、従来のヒートシンクは絶縁膜を付けた Si ヒートシンク又は SiC の上の電極パターンにおいて極性反転を行なう必要があった。このため、当然にコスト的に高いものになる欠点があった。ところが、本発明によると、半導体基板 1 A に p 型のものを用いることができるので、前記パッケージの問題を解決できると共に高歩留まりの半導体レーザ装置を実現できることになる。

【0158】以下、本発明の第 2 実施例に係る半導体レーザ装置について図 8 を参照しながら説明する。第 2 実施例に係る半導体レーザ装置は、活性層 4 B が InGa

N よりなり青色のレーザ光を発振するものである。

【0159】図 8 は、第 2 実施例に係る半導体レーザ装置の断面構造を示しており、同図に示すように、サファイヤよりなる絶縁性の基板 1 B の上に、Ga

10

20

30

40

50

34

【0160】以下、前記第 2 実施例に係る半導体レーザ装置の作製方法を説明する。

【0161】まず、サファイヤよりなる基板 1 B の上に、500℃程度の低温下において GaN よりなるバッファ層 2 B を気相成長法により形成した後、1000℃以上の高温下において、第 2 のコンタクト層 9、クラッド層 3 B、活性層 4 B、第 1 の光ガイド層 5 B 及び第 2 の光ガイド層 6 B を気相成長法により順次形成する。次に、第 2 光のガイド層 6 B をストライプ状にウェットエッチングした後、第 1 の光ガイド層 5 B 及び第 2 の光ガイド層 6 B の上に、再度高温下において埋め込みクラッド層 7 B 及び第 1 のコンタクト層 8 B を気相成長法により順次形成する。次に、第 2 のコンタクト層 9 における電極を形成する領域を露出させるために、第 2 コンタクト層 9 が露出するまでエッチングを行ない、露出した第 2 のコンタクト層 9 の上に n 型電極を、第 1 のコンタクト層 8 B の上に p 型電極をそれぞれ形成する。

【0162】尚、本第 2 実施例においては、基板 1 B を構成する材料としてサファイヤを用いたが、これに代えて、MgO、SiC、GaAs、Si など他の材料を用いてもよい。もちろん、将来において、GaN よりなる基板が実現されれば GaN よりなる基板を用いることが好ましい。

【0163】また、クラッド層 3 B、活性層 4 B、第 1 の光ガイド層 5 B および第 2 の光ガイド層 6 B の各層の膜厚は、前述の GaAlAs 系の第 1 実施例の場合とほぼ同程度である。

【0164】また、結晶成長においては、各層の間に多少の格子定数の差が存在するので、各層の間に格子歪を緩和させる層を設けてもよい。具体的には、気相成長により各層の間にその組成を徐々に変化させていくような薄い層を設けておくことが好ましい。

【0165】図 8 に示す第 2 実施例において、第 1 の光ガイド層 5 B は Al を含む材料であるため表面を大気中に露出させることによる自然酸化に伴う欠陥がその表面に導入されることになる。自然酸化した第 1 の光ガイド層 5 B 上に再成長法により埋め込みクラッド層 7 B を形成すると、第 1 の光ガイド層 5 B とクラッド層 7 B との間の界面抵抗は、Al を含まない第 2 の光ガイド層 6 B の上に形成した埋め込みクラッド層 7 B と該第 2 の光ガイド層 6 B との間の界面抵抗よりも大きくなる。すなわち、第 1 のコンタクト層 8 B から注入される電流は、ストライプ状に形成された第 2 の光ガイド層 6 B を通ってのみ活性層 4 B に流れることになり、電流ブロック層が存在しなくても電流狭窄を実現できる。ここで、プロセスにおいては、第 2 の光ガイド層 6 B が存在しない領域における第 1 の光ガイド層 5 B の表面を酸化させる工程を導入しておくことが望ましい。

【0166】また、InGa

層7Bの屈折率よりも十分に大きいため、実屈折率導波構造が得られ、単一モードの半導体レーザ装置が実現できる。

【0167】ところで、結晶成長法により形成されたGaN系の結晶は、GaAs系の結晶と異なり六方晶の結晶であり、エッチングする際に問題となる。すなわち、立方晶であるGaAs系の場合と異なり、ストライプ状にウェットエッチングしたときのエッチング面は、凹凸のない再成長が容易な順メサ形状には形成されず、非常におうとつのある面が現れてしまう。凹凸を有している。このように凹凸を有する面上には良好な結晶が成長できないこと、および導波路の一部となるストライプ領域に凹凸があると導波路の多大な損失が生じること等の理由により、電流ブロック層を有し1 $\mu$ m程度の深いエッチングが必要な従来構造の半導体レーザ装置においては、エッチングが必要な層にGaN系の層を用いることができなかった。ところが、第2実施例によると、第2の光ガイド層6Bの膜厚は20nm程度であって、極めて浅いエッチングによりストライプ領域を形成することができ、ストライプ領域の側面に形成される凹凸は半導体レーザ装置のプロセスおよび特性に殆ど影響を及ぼさない。

【0168】第2の光ガイド層6Bは、活性層4Bから放出されるレーザ光の波長に対して透明であることが望ましい。なぜなら、第2の光ガイド層6Bにおけるレーザ光の吸収は、活性層4Bの近傍における発熱となり、半導体レーザ装置の寿命に対して悪影響を及ぼすからである。一般的には、第2の光ガイド層6Bの禁制帯幅を波長のエネルギーよりも大きくしておく。すなわち、 $\text{In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{N}$ で表される活性層4Bおよび $\text{In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{N}$ で表される第2の光ガイド層6Bの各混晶比における $X1$ と $X2$ との間に、 $X1 > X2$ の関係が成立するようにしておく。ただし、 $X1 \leq X2$ となる場合であっても、第2の光ガイド層6Bがレーザ光の波長のエネルギーに対して透明になる程度に、つまり第2の光ガイド層6Bの厚さが量子井戸効果を奏する程度に薄い場合には、 $X1 \leq X2$ であっても差支えない。この場合には、エッチングにおける段差がさらに小さくなり、プロセスがより容易になる。

【0169】尚、第2の光ガイド層6Bの材料としては、 $\text{InGaIn}$ に限られず、例えば、埋め込みクラッド層7Bと同じ材料である $\text{AlGaIn}$ でもよい。この場合には、材料の違いによる格子定数の違いが小さくなり、結晶成長がより容易になり良好な結晶が成長できる。また、 $\text{AlGaIn}$ の方が $\text{InGaIn}$ よりも禁制帯幅は大きいので、第2の光ガイド層6Bはレーザ光に対して常に透明となる。ただし、実屈折率導波構造を得るために、第2の光ガイド層6Bの屈折率が埋め込みクラッド層7Bの屈折率よりも大きいことが要求されるので、 $\text{Al}_{1-z2}\text{Ga}_{1-z2}\text{N}$ で表される第2の光ガイド層6BおよびA1

$z3\text{Ga}_{1-z3}\text{N}$ で表される埋め込みクラッド層7Bの各混晶比における $Z2$ と $Z3$ との間に $Z3 > Z2$ の関係を成立させる必要がある。

【0170】また、電流狭窄のためには、第1の光ガイド層5Bの方が第2の光ガイド層6Bよりも表面酸化されやすいことが好ましい。このため、 $\text{Al}_{z1}\text{Ga}_{1-z1}\text{N}$ で表される第1光ガイド層の混晶比を $Z1 > Z2$ としておく。

【0171】さらに、活性層4Bを量子井戸構造とすることによって、より低しきい値で高出力の青色レーザ光を発振する半導体レーザ装置を実現できる。量子井戸構造の井戸層およびバリア層には $\text{InN}$ 又は $\text{InGaIn}$ などを用い、その構造としてはシングルカンタムウェル(SQW)構造、ダブルカンタムウェル(DQW)構造、トリプルカンタムウェル(TQW)構造、グリーン(GRIN)構造又はそのセパレートコンファインメントヘテロストラクチャー(SCH)構造などの構造を用いる。

【0172】この場合においても、第2の光ガイド層6Bがレーザ光の波長に対して透明であることが望ましいのは、前記と同様である。また、第2の光ガイド層6Bを $\text{AlGaIn}$ により形成したときに実屈折率導波構造および電流狭窄機構を得るために、第1の光ガイド層5B、第2の光ガイド層6Bおよび埋め込みクラッド層7Bの各混晶比の間に前記の関係が必要なことも同様である。

【0173】

【発明の効果】請求項1の発明に係る半導体レーザ装置によると、第1の半導体層と第3の半導体層との間の界面抵抗が第1の半導体層と第2の半導体層との間の界面抵抗および第2の半導体層と第3の半導体層との間の界面抵抗のいずれよりも大きいため、電流ブロック層を形成しなくても、例えば気相成長法により形成される薄くかつ均一な第2の半導体層によって電流をストライプ領域に狭窄することができる。したがって、電流ブロック層を形成するための深いエッチングが不要となり、第2の半導体層を形成するための浅いエッチングでストライプ領域の形成が可能になるため、ストライプ幅のばらつきが著しく小さくなり、低動作電流値の実屈折率導波型の半導体レーザ装置を低コストかつ高歩留まりに実現することができる。

【0174】特に、本発明は、深いエッチングが困難な六方晶の材料であるGaN系の半導体レーザ装置を作製する上で非常に有効である。GaN系の材料は、禁制帯幅が広く、青色のレーザ光を発振する半導体レーザ装置に応用されることから、本発明により、ハイビジョン画像情報等を記録する高密度光ディスクに対するピックアップ装置のレーザ光源が実現可能となる。

【0175】また、低電流で動作する半導体レーザ装置は、コンパクトディスクを含むすべての光ディスク用の

レーザ光源として最適である。特に、動作電流値の低減は、レーザマウント部の発熱量の低減をもたらし、より小型で軽量のヒートシンクの使用が可能となる。この結果、従来は金属であったレーザパッケージの樹脂化が実現でき、ピックアップ装置の大幅な小型化および低コスト化を図ることができる。

【0176】請求項2の発明に係る半導体レーザ装置によると、第1の半導体層と第3の半導体層との間の界面抵抗を簡易に大きくすることができるので、請求項1の半導体レーザ装置を容易かつ確実に実現できる。

【0177】請求項3の発明に係るGaAlAs系の半導体レーザ装置によると、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が第1の光ガイド層と第2の光ガイド層との間の界面抵抗および第2の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きいため、電流ブロック層を形成しなくても層厚が薄い第2の光ガイド層によって電流をストライプ領域に狭窄することができる。このため、請求項1の発明と同様、電流ブロック層を形成するための深いエッチングが不要になり、ストライプ幅のばらつきが小さくなるので、低動作電流値の実屈折率導波型の半導体レーザ装置を低コストかつ高歩留まりに実現することができる。

【0178】請求項4～6の発明に係るGaAlAs系の半導体レーザ装置によると、第2の光ガイド層は活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるため、活性層近傍における発熱が生じないので、半導体レーザ装置の高出力化および長寿命化を図ることができる。

【0179】請求項7の発明に係るGaAlAs系の半導体レーザ装置によると、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易に大きくすることができるので、請求項3の半導体レーザ装置を容易かつ確実に実現できる。

【0180】請求項8～10の発明に係るGaAlAs系の半導体レーザ装置によると、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易に大きくことができ、請求項3の半導体レーザ装置を容易かつ確実に実現できると共に、第2の光ガイド層は活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるため、活性層近傍における発熱が生じないので、半導体レーザ装置の高出力化および長寿命化を図ることができる。

【0181】請求項11の発明に係る量子井戸構造を有する活性層を含むGaAlAs系の半導体レーザ装置によると、請求項3の発明と同様、電流ブロック層を形成するための深いエッチングが不要になり、ストライプ幅のばらつきが小さくなると共に、量子井戸構造を有する活性層の効果により、さらに低動作電流値で高出力の実屈折率導波型の半導体レーザ装置を低コストかつ高歩留まりに実現することができる。

【0182】請求項12～14の発明に係る量子井戸構

造を有する活性層を含むGaAlAs系の半導体レーザ装置によると、第2の光ガイド層は活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であると共に量子井戸構造を有する活性層の効果により、活性層近傍における発熱が生じないので、半導体レーザ装置のさらなる高出力化および長寿命化を図ることができる。

【0183】請求項15の発明に係る量子井戸構造を有する活性層を含むGaAlAs系の半導体レーザ装置によると、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易に大きくすることができるので、請求項11の半導体レーザ装置を容易かつ確実に実現できる。

【0184】請求項16～18の発明に係る量子井戸構造を有する活性層を含むGaAlAs系の半導体レーザ装置によると、第2の光ガイド層は活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であると共に量子井戸構造を有する活性層の効果により、活性層近傍における発熱が生じないので、半導体レーザ装置のさらなる高出力化および長寿命化を図ることができる。

【0185】請求項19の発明に係るGaN系の半導体レーザ装置によると、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が第1の光ガイド層と第2の光ガイド層との間の界面抵抗および第2の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きいため、電流ブロック層を形成しなくても薄い層厚の第2の光ガイド層によって電流をストライプ領域に狭窄することができる。このため、請求項1の発明と同様、電流ブロック層を形成するための深いエッチングが不要になり、ストライプ幅のばらつきが小さくなるので、低動作電流値の実屈折率導波型の半導体レーザ装置を低コストかつ高歩留まりに実現することができる。

【0186】請求項20～22の発明に係るGaN系の半導体レーザ装置によると、第2の光ガイド層は活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるため、活性層近傍における発熱が生じないので、半導体レーザ装置の高出力化および長寿命化を図ることができる。

【0187】請求項23の発明に係るGaN系の半導体レーザ装置によると、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易に大きくすることができるので、請求項21の半導体レーザ装置を容易かつ確実に実現できる。

【0188】請求項24～26の発明に係るGaN系の半導体レーザ装置によると、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易に大きくできるので、請求項21の半導体レーザ装置を容易かつ確実に実現でき、また、第2の光ガイド層は活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるため、活性層近傍における発熱が生じないので、半導体レーザ装置の高出力化および長寿命化を図ることができる。

【0189】請求項27の発明に係るGaN系の半導体

レーザ装置によると、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗が第1の光ガイド層と第2の光ガイド層との間の界面抵抗および第2の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗のいずれよりも大きいため、電流ブロック層を形成しなくても薄い層厚の第2の光ガイド層によって電流をストライプ領域に狭窄することができる。このため、請求項1の発明と同様、電流ブロック層を形成するための深いエッチングが不要になり、ストライプ幅のばらつきが小さくなるので、低動作電流値の実屈折率導波型の半導体レーザ装置を低コストかつ高歩留まりに実現することができる。さらに、第2の光ガイド層は活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であるため、活性層近傍における発熱が生じないので、半導体レーザ装置の高出力化および長寿命化を図ることができる。

【0190】請求項28の発明に係るGaN系の半導体レーザ装置によると、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易に大きくすることができるので、請求項27の半導体レーザ装置を容易かつ確実に実現できる。

【0191】請求項29の発明に係る量子井戸構造を有する活性層を含むGaN系の半導体レーザ装置によると、請求項3の発明と同様、電流ブロック層を形成するための深いエッチングが不要になるので、ストライプ幅のばらつきが小さくなると共に、量子井戸構造を有する活性層の効果により、さらに低動作電流値で高出力の実屈折率導波型半導体レーザ装置を低コストかつ高歩留まりに実現することができる。

【0192】請求項30～32の発明に係る量子井戸構造を有する活性層を含むGaN系の半導体レーザ装置によると、第2の光ガイド層は活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であり、また量子井戸構造を有する活性層の効果により、活性層近傍における発熱が生じないので、半導体レーザ装置のさらなる高出力化および長寿命化を図ることができる。

【0193】請求項33の発明に係る量子井戸構造を有する活性層を含むGaN系の半導体レーザ装置によると、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易に大きくすることができるので、請求項29の半導体レーザ装置を容易かつ確実に実現できる。

【0194】請求項34～36の発明に係る量子井戸構造を有する活性層を含むGaN系の半導体レーザ装置によると、第2の光ガイド層は活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であると共に、量子井戸構造を有する活性層の効果により、活性層近傍における発熱が生じないので、半導体レーザ装置のさらなる高出力化および長寿命化を図ることができる。

【0195】請求項37の発明に係る量子井戸構造を有する活性層を含むGaN系の半導体レーザ装置によると、請求項3の発明と同様、電流ブロック層を形成する

ための深いエッチングが不要になるので、ストライプ幅のばらつきが小さくなると共に、量子井戸構造を有する活性層の効果により、さらに低動作電流値で高出力の実屈折率導波型半導体レーザ装置を低コストかつ高歩留まりに実現することができる。さらに、第2の光ガイド層は活性層により発振されるレーザ光の波長に対して透明であると共に、量子井戸構造を有する活性層の効果により、活性層近傍における発熱が生じないので、半導体レーザ装置のさらなる高出力化および長寿命化を図ることができる。

【0196】請求項38の発明に係る量子井戸構造を有する活性層を含むGaN系の半導体レーザ装置によると、第1の光ガイド層とクラッド層との間の界面抵抗を簡易に大きくすることができるので、請求項37の半導体レーザ装置を容易かつ確実に実現できる。

【0197】請求項39の発明に係る半導体レーザ装置の製造方法によると、第1の光ガイド層の上に第2の光ガイド層を形成した後、該第2の光ガイド層をストライプ構造にエッチングするため、第1の光ガイド層の上にストライプ状の第2の光ガイド層を形成することができ、また、 $Ga_{1-y_1}Al_{y_1}As$ よりなる第1の光ガイド層および $Ga_{1-y_2}Al_{y_2}As$ よりなる第2の光ガイド層の上に、 $Ga_{1-y_3}Al_{y_3}As$ よりなり前記 $Ga_{1-y_2}Al_{y_2}As$ および $Ga_{1-y_3}Al_{y_3}As$ の $AlAs$ 混晶比の $Y_2$ および $Y_3$ の間に $Y_3 > Y_2$ の関係が成り立つようにクラッド層を形成するため、第2の光ガイド層の屈折率をクラッド層よりも大きくすることができるので、ストライプ領域内外に実効屈折率差が形成され、安定した単一縦モード発振を行う半導体レーザを確実に製造することができる。

【0198】請求項40の発明に係る半導体レーザ装置の製造方法によると、第1の光ガイド層における第2の光ガイド層が形成されていない領域の表面層を酸化する工程を備えているため、第1の光ガイド層におけるクラッド層と接している領域の表面層に酸化膜を有し請求項39の発明により得られる半導体レーザ装置を確実に形成することができる。

【0199】請求項41の発明に係る半導体レーザ装置の製造方法によると、第1の光ガイド層の上に第2の光ガイド層を形成した後、該第2の光ガイド層をストライプ構造にエッチングするため、第1の光ガイド層の上にストライプ状の第2の光ガイド層を形成することができ、また、 $InGaN$ よりなる第1の光ガイド層および $AlGaIn$ よりなる第2の光ガイド層の上に $AlGaIn$ よりなるクラッド層を形成するため、第2の光ガイド層の屈折率をクラッド層の屈折率よりも大きくすることができるので、ストライプ領域内外に実効屈折率差が形成され、安定した単一横モード発振を行なう半導体レーザ装置を確実に製造することができる。

【0200】請求項42の発明に係る半導体レーザ装置

41

の製造方法によると、第1の光ガイド層における第2の光ガイド層が形成されていない領域の表面層を酸化する工程を備えているため、第1の光ガイド層におけるクラッド層と接している領域の表面層に酸化膜を有し請求項41の発明により製造される半導体レーザ装置が確実に得られる。

【0201】請求項43の発明に係る半導体レーザ装置の製造方法によると、第1の光ガイド層の上に第2の光ガイド層を形成した後、該第2の光ガイド層をストライプ構造にエッチングするため、第1の光ガイド層の上にストライプ状の第2の光ガイド層を形成することができ、また、 $Al_{1.1}Ga_{1-1.1}N$ よりなる第1の光ガイド層および $Al_{1.2}Ga_{1-1.2}N$ よりなる第2の光ガイド層の上に、 $Al_{1.3}Ga_{1-1.3}N$ よりなり前記 $Al_{1.2}Ga_{1-1.2}N$ および $Al_{1.3}Ga_{1-1.3}N$ の各GaN混晶比のZ2およびZ3の間に $Z3 > Z2$ の関係が成立するようにクラッド層を形成するため、第2の光ガイド層の屈折率をクラッド層の屈折率よりも大きくすることができるので、ストライプ領域内外に実効屈折率差が形成され、安定した単一横モード発振を行なう半導体レーザを確実に製造することができる。

【0202】請求項44の発明に係る半導体レーザ装置の製造方法によると、第1の光ガイド層における第2の光ガイド層が形成されていない領域の表面層を酸化する工程を備えているため、第1の光ガイド層におけるクラッド層と接している領域の表面層に酸化膜を有し請求項43の発明により製造される半導体レーザ装置が確実に得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例に係る半導体レーザ装置の断面図である。

【図2】前記第1実施例に係る半導体レーザ装置におけるストライプ領域の内外の実効屈折率差( $\Delta n$ )の数値計算結果の一例を示す図である。

【図3】前記第1実施例に係る半導体レーザ装置における半導体基板のAlAs混晶比に対する電流-電圧特性の関係の実験結果を示す図である。

【図4】前記第1実施例に係る半導体レーザ装置におけるスペクトル特性と構造パラメータとの関係の実験結果を示す図である。

【図5】前記第1実施例に係る半導体レーザ装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図6】前記第1実施例に係る半導体レーザ装置の第2の光ガイド層が量子井戸効果を有する場合のエネルギーの計算結果を示す図である。

42

【図7】前記第1実施例に係る半導体レーザ装置における電流-光出力特性を示す図である。

【図8】本発明の第2実施例に係る半導体レーザ装置の断面図である。

【図9】従来の半導体レーザ装置の断面図である。

【図10】従来の半導体レーザ装置の断面図である。

【図11】従来の半導体レーザ装置の断面図である。

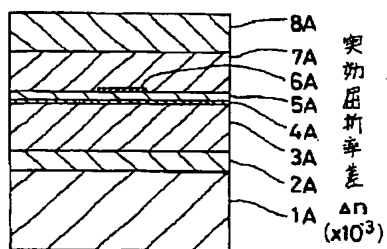
【図12】従来の半導体レーザ装置の断面図である。

【図13】従来の半導体レーザ装置の断面図である。

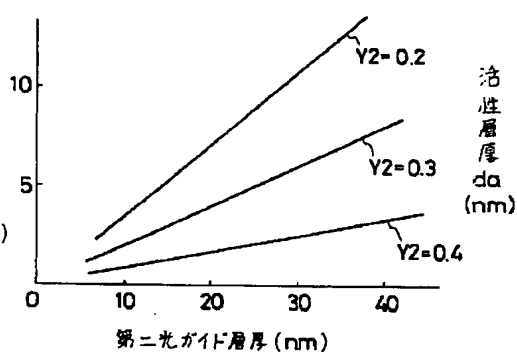
【符号の説明】

- 1A GaAsよりなるn型の半導体基板
- 2A GaAsよりなるn型のバッファ層
- 3A  $Ga_{0.5}Al_{0.5}As$ よりなるn型のクラッド層
- 4A  $Ga_{0.85}Al_{0.15}As$ よりなる活性層
- 5A  $Ga_{0.5}Al_{0.5}As$ よりなるp型の第1の光ガイド層
- 6A  $Ga_{0.8}Al_{0.2}As$ よりなるp型の第2の光ガイド層
- 7A  $Ga_{0.5}Al_{0.5}As$ よりなるp型の埋め込みクラッド層
- 8A GaAsよりなるp型のコンタクト層
- 1B サファイヤよりなる基板
- 2B GaNよりなるバッファ層
- 3B AlGaNよりなるn型のクラッド層
- 4B InGaNよりなる活性層
- 5B AlGaNよりなるp型の第1の光ガイド層
- 6B AlGaNよりなるp型の第2の光ガイド層
- 7B AlGaNよりなるp型の埋め込みクラッド層
- 8B GaNよりなるp型のコンタクト層
- 9 GaNよりなるn型の第2のコンタクト層
- 11 GaAsよりなるn型の半導体基板
- 12 GaAlAsよりなるn型のクラッド層
- 13 GaAlAsよりなる活性層
- 14 GaAlAsよりなるp型の第1のクラッド層
- 15 GaAsよりなるn型の電流ブロック層
- 15a ストライプ領域
- 16A GaAlAsよりなるp型の第2のクラッド層
- 16B GaAlAsよりなるp型のクラッド層
- 17 GaAsよりなるp型のコンタクト層
- 18 GaAsよりなるp型のキャップ層
- 19 誘電体膜
- 20 埋め込み高抵抗層
- 21 亜鉛拡散領域
- 22 GaAlAsよりなるn型の光ガイド層
- 23 GaAlAsよりなるn型の電流ブロック層

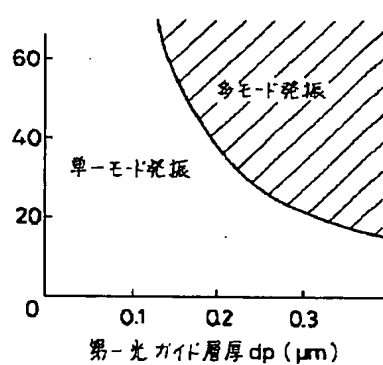
【図1】



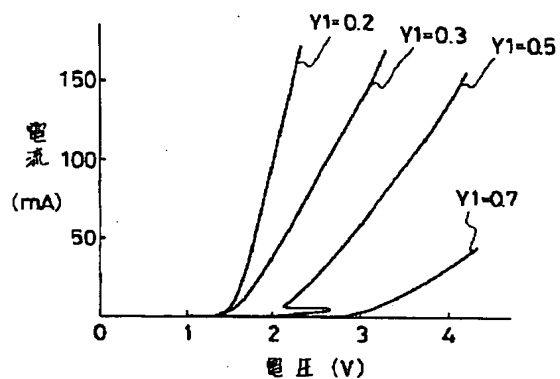
【図2】



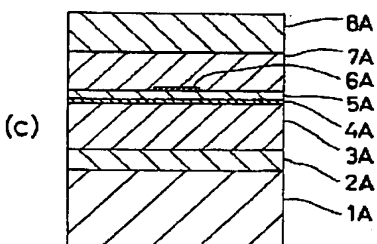
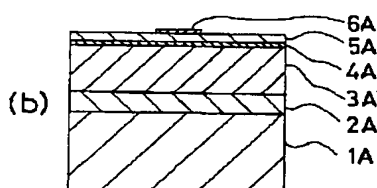
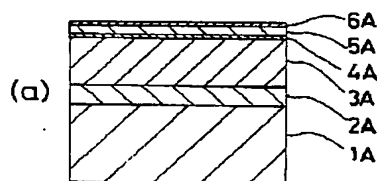
【図4】



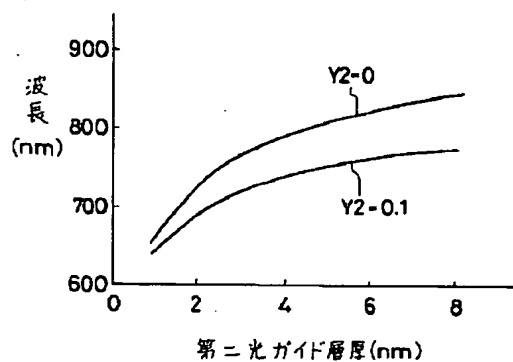
【図3】



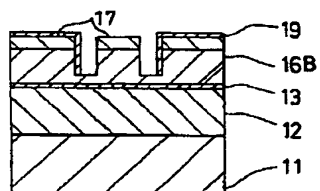
【図5】



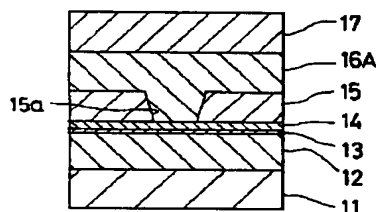
【図6】



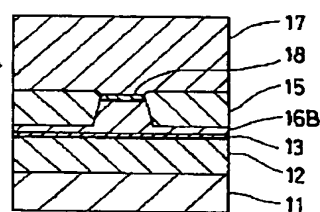
【図11】



【図9】

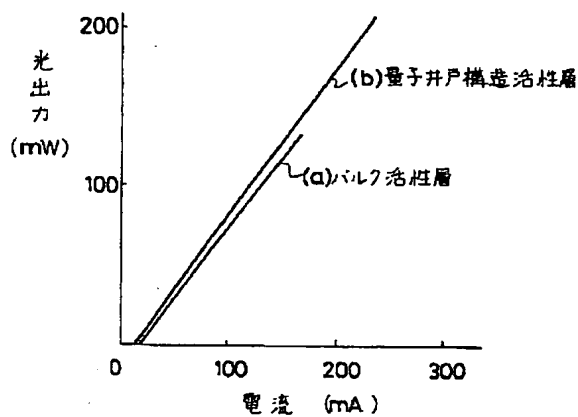


【図10】

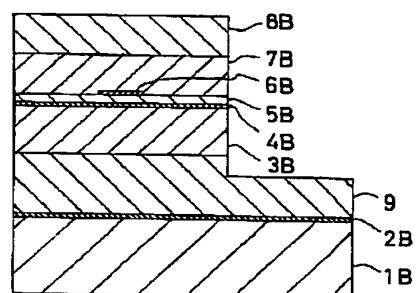




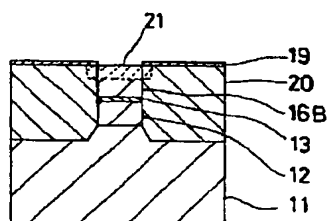
【図 7】



【図 8】



【図 12】



【図 13】

